

CARACTERIZACION DE MODELOS DE PENSAMIENTO CAUSAL

GLADIS PATRICIA BONILLA PELÁEZ

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACION
DEPARTAMENTO DE PSICOPEDAGOGIA
MAESTRIA EN EDUCACION
2011**

CARACTERIZACION DE MODELOS DE PENSAMIENTO CAUSAL

PATRICIA BONILLA PELÁEZ

**Trabajo de grado para optar al título de
Magister en Educación**

**Asesora del proyecto
DRA. DORA CARDONA RIVAS**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACION
DEPARTAMENTO DE PSICOPEDAGOGIA
MAESTRIA EN EDUCACION
2011**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pereira, 09 de Agosto de 2011

***A mis madres.
Martha y Marleny,
por su espíritu
aguerrido y luchador.***

***A mi padre. Fabio,
porque su esencia
corre por mis venas.***

A ellos...mi vida entera.

Patty.

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora MARTHA CECILIA GUTIÉRREZ GIRALDO, Coordinadora Maestría en Educación de la Universidad Tecnológica de Pereira, por vivir y compartir con tanto amor y desinterés su mayor pasión: La Investigación.

A la Doctora DORA RIVAS CARDONA, asesora de tesis, por su naturaleza exacta entre academia y humanidad.

A la profesora ORFA BUITRAGO, por su alto sentido de responsabilidad con la formación de futuros docentes investigadores.

Al cósmico, al Dios de mi corazón; por armonizar múltiples circunstancias que hicieron posible mi regreso a la UTP a continuar un ciclo de progreso personal y profesional.

CONTENIDO

	Pág.
RESÚMEN	12
INTRODUCCION	14
1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. MARCO REFERENCIAL	21
3.1 MARCO TEORICO	21
3.1.1 VISION DE LA CAUSALIDAD DESDE LA FILOSOFÍA	21
3.1.2 VISIÓN DE LA CAUSALIDAD DESDE LA PSICOLOGÍA	23
3.1.3 VISIÓN DE LA CAUSALIDAD DESDE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS	25
3.1.4 MODELOS MENTALES	30
4. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	33
5. METODOLOGÍA	34
5.1 CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS GENERALES	34
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	35
5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	36
5.3.1 Instrumentos de medición de las categorías del pensamiento causal.	36
5.3.2 Instrumentos para la recolección de información	37

5.4 PROCEDIMIENTO	38
5.5 ESTRUCTURA GENERAL PARA EL PLAN DE ANÁLISIS	40
6. RESULTADOS	43
6.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE TEORÍAS EMPLEADAS POR LOS ESTUDIANTES EN LAS FASES PREEXPERIMENTAL Y POSEXPERIMENTAL POR PROBLEMA.	43
6.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS REGLAS DE INFERENCIA EMPLEADAS POR LOS ESTUDIANTES EN LAS FASES PREEXPERIMENTAL Y POSEXPERIMENTAL POR PROBLEMAS.	84
6.3 INTERPRETACIÓN Y ARTICULACIÓN DE LAS CATEGORÍAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE PENSAMIENTO CAUSAL.	103
7. CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFIA	112
ANEXOS	117

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Tendencias en la conceptualización y estudio del pensamiento causal.	29
Cuadro 2. Categorías de análisis.	33
Cuadro 3. Instrumentos usados para la recolección durante los pasos para resolver un problema.	37
Cuadro 4. Uso de instrumentos dentro de la recolección de información.	37
Cuadro 5. Protocolo general en la solución de los problemas planteados.	39
Cuadro 6. Guía para el análisis de las teorías y reglas de inferencia en cada uno de los problemas empleados para la caracterización del modelo de pensamiento causal.	40
Cuadro 7. Teorías usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 1.	46
Cuadro 8. Teorías empleadas en la fase preexperimental y posexperimental en la solución del problema 1.	49
Cuadro 9. Teorías que los estudiantes usan en las fases pre y posexperimental de la solución del problema 2.	53
Cuadro 10. Teorías empleadas en la fase preexperimental y posexperimental en la solución del problema 2.	56
Cuadro 11. Teorías que los estudiantes usan en las fases preexperimental y posexperimental del problema 3.	61
Cuadro 12. Teorías empleadas en la fase preexperimental y posexperimental en la solución del problema 3.	73
Cuadro 13. Cuadro 13. Teorías usadas en las fases preexperimental y posexperimental en la solución del problema 4.	80
Cuadro 14. Teorías empleadas en las fases preexperimental y posexperimental en la solución del problema 4.	83

Cuadro 15. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 1.	85
Cuadro 16. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental.	88
Cuadro 17. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 2.	89
Cuadro 18. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental.	92
Cuadro 19. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 3.	93
Cuadro 20. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental.	100
Cuadro 21. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 4.	101
Cuadro 22. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental.	104
Cuadro 23. Resumen de los resultados en la fase preexperimental.	104
Cuadro 24. Resumen de los resultados en la fase posexperimental.	104

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. La mediación de la experimentación en el proceso de construcción del pensamiento causal en el marco de la enseñanza de las ciencias. 109

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Experimentos	117
Anexo B. Protocolo general de los experimentos	119
Anexo C. Cuestionario 1	120
Anexo D. Esquema bitácora experimento N°1	121
Anexo E. Cuestionario 2	122
Anexo F. Cuestionario 3	123
Anexo G. Esquema de bitácora experimento N°2	124
Anexo H. Cuestionario 4	125
Anexo I. Esquema de bitácora experimento N°3	127
Anexo J. Cuestionario 5	128
Anexo K. Cuestionario 6	129
Anexo L. Esquema de bitácora experimento N°4	131
Anexo M. Cuestionario 7	132
Anexo N. Transcripción general	133

RESÚMEN

El objetivo fundamental de la presente investigación es caracterizar los modelos de pensamiento causal en niños de 7ª a través de procesos de resolución de problemas aplicando procesos experimentales. Para ello se realizó un estudio de carácter cualitativo en el cual se presentaron problemas de ciencias naturales, a 12 niños de grado 7º, que debían resolverlos a través de experimentos. El proceso incluyó una fase preexperimental y una fase posexperimental. En la primera los estudiantes plantearon hipótesis de atribución causal y realizaron experimentos y observación de resultados, y en la segunda, con base en lo observado, identificaron la causa a partir de los cambios identificados durante el experimento. Los enunciados proferidos por los niños, tanto en la fase preexperimental como en la fase posexperimental fueron obtenidos a través de videogradora y transcritos para su análisis. Éste, incluyó análisis de contenido para la identificación de las teorías causales y análisis de discurso para la identificación de las reglas de inferencia. Los resultados de la investigación hacen evidente que las teorías causales y las reglas de inferencia utilizadas por los niños muestran dependencia del tipo de problema, de los conocimientos sobre los fenómenos observados y del contexto de acción. A partir de los hallazgos se plantea que la estructura de los problemas utilizados puede ser una herramienta significativa para el desarrollo del pensamiento causal en temas o problemas de las ciencias naturales.

Palabras Clave. Causalidad, modelo causal, solución de problemas.

ABSTRACT

The main objective of this research is to characterize seventh-grade students' causal patterns of thought by means of experimental processes; through a continual and interactive problem resolution process in natural sciences. In order to achieve this aim, a qualitative-nature study is carried out. In such study, four problems are presented to students, so that they can be solved through experiments. Such process includes a pre-experimental and a post-experimental phase. During the first phase, students consider causal attribution hypotheses regarding each one of the problems and conceive an experimental plan to prove them. During the second phase, they carry out the experimental plan initially proposed, registering in binnacles the perceived changes and identifying, once again, their causes. Additionally, they compare the hypotheses stated in the pre and post experimental phases using a retrospective view.

The statements proposed by the students in both phases are obtained through video recordings and their transcriptions, and then they are analyzed. Such stage includes content and speech analyses to identify the causal theories and the inference rules, accordingly. The research results show that causal theories and inference rules used by students depend on the type of problem, their knowledge about observed phenomena and the context of action. From the findings, we raise that the structures of

the problems used may be a meaningful tool for the development of the causal model in issues or problems particular of natural sciences.

Key words: *Causality, causal patterns of thought, problems solution.*

INTRODUCCIÓN

Se hace necesario para la didáctica de las Ciencias llevar a cabo procesos de enseñanza-aprendizaje que permita a los estudiantes apropiarse de los modelos, que la ciencia ha construido, para lograr una mejor y mayor comprensión de los fenómenos naturales. Bajo ésta perspectiva, uno de los procesos de mayor interés es la relación de las ciencias naturales con el pensamiento causal.

En el contexto del aula de clase el análisis de los aspectos relacionados con la atribución causal y las reglas de inferencia hacen parte de la preocupación por parte de quienes creen encontrar en la solución de problemas la estrategia para favorecer el desarrollo de estos procesos. A este respecto los docentes enfrentan una postura que relaciona el pensamiento causal con los procesos formales, como lo señalan Inhelder y Piaget, y que no es la que se observa en el aula de clase. En ese contexto los procesos individuales de razonamiento son totalmente distintos; de hecho, no se atienen en absoluto a leyes generales del pensamiento. De ésta manera, se deja en claro que las reglas de inferencia, o aspectos lógicos del pensamiento causal, están contaminadas por distorsiones de carácter factual. Es decir, que dentro del pensamiento causal las teorías causales del sujeto influyen considerablemente en sus reglas de inferencia a la hora de resolver problemas.

Es en este punto en donde las representaciones o teorías del pensamiento causal han venido ganando importancia entre la comunidad científica a través de las investigaciones que se vienen realizando y que Gutiérrez¹ discrimina en cuatro grupos: los que centran su estudio explícitamente en las llamadas “teorías causales”; los que estudian los “errores conceptuales” de los alumnos y hacen una interpretación de los mismos en términos causales, los centrados en caracterizar el “pensamiento espontáneo” o “natural” de los sujetos detectando los componentes causales en los mismos, y los que investigan “primitivas” causales en la explicación del movimiento.

Sin embargo, tales estudios, por captar aspectos puntuales de lo que sería el pensamiento causal, no han permitido analizar, integral e integradamente las dimensiones de dicho pensamiento. Por tal razón, el modelo interactivo de Pozo permite caracterizar el pensamiento causal a la luz del reconocimiento al estrecho vínculo entre unos principios, o leyes generales de la causalidad, unas reglas de inferencia y el conjunto de unas teorías explicativas. Por eso la presente investigación tiene como objetivo caracterizar los modelos de pensamiento causal en estudiantes de grado 7º a través de un estudio de carácter cualitativo. Como instrumentos para la recolección de información se utilizan problemas de ciencias naturales resueltos, por los niños, a través de un proceso que implicó la formulación

¹ GUTIERREZ, Rufina. Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental. Universidad Complutense. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, 1994. p.59.

de hipótesis, el diseño, la ejecución, la observación de los resultados de los experimentos, y la identificación de las causas de los fenómenos en estudio. Los enunciados de los niños, en la fase preexperimental y pos experimental, son analizados mediante el análisis de contenido para la identificación de las teorías causales, y análisis del discurso para la identificación de las reglas de inferencia. Los hallazgos del estudio permiten señalar algunas implicaciones para la didáctica de las ciencias naturales.

1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Tradicionalmente la causalidad ha sido abordada desde dos grandes perspectivas teóricas, la filosófica y la psicológica, precisando diversos postulados con respecto al nexo entre causa y efecto. Sin embargo, según Pozo:

Ninguna de estas dos teorías resulta plenamente satisfactoria en especial, y a pesar de sus presupuestos epistemológicos contrapuestos ambas teorías coinciden en no considerar suficientemente la naturaleza esencialmente pragmática del pensamiento causal²

Tras la huella de tal pragmatismo, la psicología del pensamiento -durante las últimas décadas- ha estudiado el pensamiento causal a través de modelos duales enmarcados en la representación que de la situación se hace el sujeto (teorías causales) y en las operaciones o procesos de razonamiento utilizados para alcanzar la conclusión (reglas de inferencia). Tal perspectiva ha ayudado a que la investigación del pensamiento causal, dentro del aula, se pueda direccionar desde dos de sus aspectos más relevantes: la forma (aspectos lógicos, sintácticos, de razonamiento o reglas de inferencia) y el contenido (representaciones, aspectos semánticos o teorías causales).

Ahora, dentro de la clase de ciencias naturales, el reconocimiento de dos estadios o aspectos dentro del pensamiento causal cuestiona profundamente el contexto tradicional del aula cuando se trata de resolver problemas. Pues es común que cuando un estudiante resuelve un problema, la valoración a tal proceso está sujeta, generalmente, a la distancia que surge entre sus propias reglas de inferencia y aquellas leyes lógicas de carácter formal. De esto puede dar razón la teoría piagetiana de las operaciones formales la cual conecta el inicio del pensamiento formal (durante la adolescencia) a la posibilidad de trascender del “aquí o ahora” al manejo de variables y dimensiones posibles o hipotéticas, representadas por lenguajes simbólicos o de códigos. De tal manera, a partir de dicho periodo, se supone que el sujeto posee características estructurales y funcionales que posibilitan la resolución de cualquier tipo de problema, con independencia de la parte representacional propia de cada sujeto.

Sin embargo, dentro del aula el panorama es diferente, ya que las explicaciones a un evento están lejos de obedecer a parámetros netamente lógicos o formales sujetos a leyes universales. Al respecto Chirinos menciona que:

..a pesar del incesante deseo de hallar respuestas satisfactorias al flujo continuo de eventos no todas las respuestas relacionadas con la pregunta ¿por qué? alcanzan siempre rango de cientificidad...si bien una explicación es una posible

² POZO, Juan Ignacio. Aprendizaje causal y pensamiento causal. España: Visor libros, 1997. p.25.

respuesta a una pregunta del tipo ¿por qué? no todos los modos de responderla siguen siempre el mismo patrón³

De tal manera, la diversidad de condiciones que caracteriza al estudiantado, deja en evidencia que frente a la resolución de problemas los procesos individuales de razonamiento son totalmente distintos; de hecho, no se atienen en absoluto a leyes generales del pensamiento. De ésta manera, se deja en claro que las reglas de inferencia, o aspectos lógicos del pensamiento causal, están contaminadas por distorsiones de carácter factual. Es decir, que dentro del pensamiento causal las teorías causales del sujeto influyen considerablemente en sus reglas de inferencia a la hora de resolver problemas.

Es tanta la relevancia de las representaciones o teorías dentro del pensamiento causal que, en relación a la didáctica de las ciencias, Gutiérrez⁴ las incluye como uno de los cuatro grupos propuestos para el estudio de la causalidad, siendo éstos: los que centran su estudio explícitamente en las llamadas “teorías causales”, los que estudian los “errores conceptuales” de los alumnos y hacen una interpretación de los mismos en términos causales, los centrados en caracterizar el “pensamiento espontáneo” o “natural” de los sujetos detectando los componentes causales en los mismos, y los que investigan “primitivas” causales en la explicación del movimiento.

El primero de éstos grupos es representado por las investigaciones de Pozo y Driver, citados por Gutiérrez⁵, quienes centran su atención en las teorías causales que poseen los sujetos, las cuales son de dos tipos: científicas (elaboradas, con carácter explícito y nivel detallado de predicción) o cotidianas (informales y con carácter implícito en la conducta del sujeto). Cada una de ellas determinada por una organización interna propia de los contenidos que, inevitablemente, hace que frente a las representaciones previas de un problema existan marcadas diferencias entre expertos y aprendices; llevando a reconocer la diversidad de matices en el aspecto representacional del pensamiento causal. Pese a lo anterior, ciertos teóricos racionalistas en filosofía y psicología - Kant y Keil respectivamente – postulan la existencia de principios de carácter universal e inviolable en las relaciones de tipo causal. Tal perspectiva hace que todo acto relacionado con el pensamiento causal, independiente del contexto o contenido, sea regido por limitaciones formales predeterminadas; de lo contrario, la determinación establecida no puede ser considerada como un nexo de tipo causal. Esta consideración, hace que tanto las teorías causales cotidianas como las científicas, estén regidas por una igualdad de principios.

³ CHIRINOS, Ricardo. El problema de la explicación en la ciencia. Las explicaciones causales en Van Fraassen. Universidad del Zulia. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Maracaibo, Venezuela. p.142.

⁴ GUTIERREZ, Rufina. Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental. Universidad Complutense. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, 1994. p.59.

⁵ *Ibíd.*, p. 60.

Es así como desde la filosofía, específicamente desde la tradición Kantiana, se plantean cinco condiciones que caracterizan al pensamiento causal, siendo éstos: determinismo causal (todo hecho tiene su causa), constancia (una misma causa produce siempre, de un modo necesario, el mismo efecto), condicionalidad (si se cumplen ciertas condiciones antecedentes ocurrirán determinados consecuentes), asimetría (las causas y los efectos no son intercambiables, tanto en su sentido temporal como existencial), y productividad o transmisión generativa (la causa genera el efecto y no solo lo precede en el tiempo).

Sin embargo, a pesar de la universalidad que la teoría racionalista ha dado a la estructura del nexo causal, en la realidad, los procesos de razonamiento o reglas de inferencia utilizados por cada sujeto -para alcanzar una conclusión- son solo una aproximación a tal postulado; pues, como se mencionó con anterioridad, las reglas de inferencia a través de las cuales un sujeto lleva a cabo sus procesos de razonamiento están sujetas a las teorías causales individuales. De ahí, que frente a la multiplicidad de causas que puede explicar un hecho, solo la reglas de inferencia permiten determinar cuál o cuáles de ellas cumple(n) con mayor acertividad dichos principios de carácter universal e inviolable; por ende la confiabilidad de tal determinación estará en estricto vínculo con las representaciones particulares de cada ser.

De tal manera, el caracterizar el pensamiento causal a la luz de un modelo que reconozca el estrecho vínculo entre unos principios o leyes generales de la causalidad, unas reglas de inferencia y el conjunto de unas teorías explicativas, se hace importante para la didáctica de las ciencias en la medida en que ayuda a conocer a profundidad algunos de los posibles procesos seguidos por los estudiantes a la hora de resolver problemas de carácter científico. Para ello, la presente investigación propone el estudio del pensamiento causal en estudiantes de grado 7º mediante el modelo interactivo de Juan Ignacio Pozo el cual “propugna una continua interacción de teorías y reglas de inferencia en el pensamiento causal, bajo el gobierno de unos principios causales que serían universales y estarían genéticamente determinados”⁶.

Finalmente, Se considera que mediante una caracterización del pensamiento causal bajo tal perspectiva teórica, es posible una mejor comprensión global de los rasgos fundamentales del pensamiento causal. Es decir, entender a profundidad la causalidad desde los aspectos lógicos y representacionales de la estructura cognitiva de los estudiantes, en el campo conceptual de biología.

La revisión de los anteriores conceptos y antecedentes muestra la importancia de comprender los componentes que conforman el pensamiento causal y las relaciones que se establecen entre ellos; reconociendo la importancia que el estudio de tal tipo de pensamiento ha representado, históricamente, para ciencias tan relevantes como la filosofía y la psicología, y más recientemente la didáctica de las ciencias; tal panorama lleva a formular la siguiente pregunta de investigación:

⁶ POZO, Juan Ignacio. Aprendizaje causal y pensamiento causal. España: Visor libros, 1997. p.17.

¿Qué modelos de pensamiento causal emplean los estudiantes de grado 7º, de la Institución Educativa El Pital (sede Córcega), en el proceso de solución de problemas en ciencias naturales?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los modelos de pensamiento causal en estudiantes de grado 7º de la Institución Educativa El Pital (sede Córcega), con base en el proceso de resolución de problemas en ciencias naturales.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir las teorías causales usadas por los estudiantes para la solución de problemas en temas en ciencias naturales.

Describir el tipo de inferencias usadas por los estudiantes para la solución de problemas en temas en ciencias naturales.

Describir los principios usados por los estudiantes para la solución de problemas en temas en ciencias naturales.

Construir el modelo de pensamiento causal de estudiantes de grado 7º de la Institución Educativa El Pital (sede Córcega), a partir de las teorías causales, las inferencias y los principios de pensamiento causal descritos.

3. MARCO REFERENCIAL

INTRODUCCIÓN

Una de las finalidades necesarias de la enseñanza de las ciencias es la de dotar a los estudiantes de competencias que les permita explicar el mundo y con ello dar sentido al pensamiento científico, en otras palabras, operar con los conocimientos adquiridos; por eso se propone la caracterización de los modelos de pensamiento causal en estudiantes de grado 7º con base en proceso de resolución de problemas. Estudiar el pensamiento causal es relevante para la didáctica de las ciencias en la medida en que permita comprender sus componentes y relaciones.

Para comprender los aspectos relacionados con la propuesta de investigación, a continuación, se presentan tres perspectivas de la causalidad, cada una de las cuales ha contribuido a construir su significado; se trata de las explicaciones dadas por la filosofía, la psicología y la didáctica de las ciencias.

3.1 MARCO TEORICO

3.1.1 VISION DE LA CAUSALIDAD DESDE LA FILOSOFÍA

- **La causalidad según la concepción Aristotélica.** La primera teoría sistemática de las causas se encuentra en la Metafísica del filósofo griego Aristóteles, para quien existían cuatro tipos de causas diferentes: la material, la formal, la eficiente y la final. La causa material es aquella de la que está hecha cualquier cosa, la causa formal es la forma, el tipo o modelo según el cual algo está hecho, la causa eficiente es el poder inmediato activo para producir el trabajo y la causa final es el objeto o el motivo por el cual el trabajo se hace.

En la actualidad todavía se hace reconocimiento a la validez de la definición Aristotélica de causalidad, como lo manifiesta Reguera en su investigación denominada *Teorías actuales de la causalidad en Filosofía de la Ciencia*:

Aristóteles partió de una definición de ciencia que ha dominado a sus anchas nuestro mundo intelectual durante más de dos milenios, pues hacer ciencia es conocer por causas: «El objeto de nuestra búsqueda es el conocimiento y el hombre no cree que sabe una cosa hasta que ha entendido su “por qué” (que es captar su causa primaria)», «No podemos conocer la verdad prescindiendo de la causa⁷.

⁷ REGUERA, Isidoro. Teorías actuales de la causalidad en Filosofía de la Ciencia.1977. p 2. Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCM/revistas/fsl/02112337/articulos/ASHF8080110355A.PDF>

- **La causalidad según la concepción Humeana.** La perspectiva filosófica de Hume es definida como una teoría empirista de la causalidad, y aunque existían formulaciones anteriores relacionadas, ésta perspectiva es considerada la más completa y elaborada exposición de la teoría empirista de las causas y los efectos. Hume, citado por Pozo, propone tres reglas básicas para juzgar la relación entre causa y efecto, siendo éstas:

1. Contigüidad espacial y temporal; la causa y el efecto deben ser contiguos espacial y temporalmente.
2. Prioridad temporal: la causa debe ser anterior al efecto.
3. Conjunción constante: siempre que se produce la causa debe producirse el efecto y siempre que se produce la causa debe producirse el efecto⁸.

El empirismo de Hume difiere en gran medida de la noción tradicional de causalidad, lo cual se hace evidente en aspectos como: la relevancia que se da a la causalidad eficiente, despreciando las causalidades material y formal; la imposibilidad de conocer a priori una relación causal, pues es posible conocerla a partir de la experiencia, de ahí que los nexos causales solo descansan en la costumbre y el hábito; el principio de causalidad no es objetivamente cierto ni se puede demostrar; y finalmente, los vínculos causales son válidos solo si se aplican al mundo empírico no al metafísico. De tal manera, según Hume, citado por Guerra, “una causa es un objeto precedente y contiguo a otro y unido a él de tal modo que la idea del uno suscita en la mente la idea del otro y la impresión del uno contribuye a formar una idea más vívida del otro”⁹

- **La causalidad según la concepción Kantiana.** Kant mantenía que el único mundo objetivo cognoscible es el producto de una actividad sintética del entendimiento, la razón. Aceptó la conclusión de Hume en lo que se refiere al mundo físico. Sin embargo, insatisfecho con la idea de que la experiencia sólo es una sucesión de percepciones sin ninguna relación por descubrir o coherencia, decide que la causalidad es uno de los principios de coherencia que se obtienen en el mundo de los fenómenos, y que está presente en un orden universal porque el pensamiento es un elemento del mundo de los fenómenos y sitúa a la causalidad como parte de él. Al respecto, Herrera y Gamboa mencionan que:

Para Kant la regla más importante para establecer la conexión necesaria, en el tiempo, entre las percepciones es la ley de la causalidad. Dicha ley es la que garantiza el conocimiento objetivo conforme a la sucesión en el tiempo. Para Kant la ciencia siempre tiene que operar bajo el supuesto de la ley de la

⁸ HUME, D. A Treatise on human nature, citado por POZO, Juan. Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. España: Visor Libros, 1987. p.28.

⁹ Ibíd., citado por GUERRA, Mario et al. Física elementos fundamentales, campo electromagnético, campo gravitatorio. Tomo II. Editorial Reverte, 1985. p.86.

causalidad. De ahí que, en la ciencia, toda explicación racional acerca de lo que sucede en la experiencia requiere de ésta ley¹⁰.

De forma general la historia de la filosofía enmarca a las concepciones Aristotélicas y Kantianas como posturas causalistas debido al establecimiento de un vínculo entre causa y efecto; contrario a la concepción Humeana considerada acausal por la inexistencia de un mecanismo causal que ponga en relación la causa con el efecto.

3.1.2 VISION DE LA CAUSALIDAD DESDE LA PSICOLOGÍA

- **La causalidad para Kelley.** Harold Kelley desarrolla la teoría de la atribución causal en el ámbito de la psicología social, y de acuerdo a autores como Pozo se considera que la concepción causal, dentro de dicha teoría, encuadra en la más pura concepción Humeana; ya que no existe un mecanismo causal que ponga en relación la causa con el efecto, sino que causa y efecto se relacionan por covariación y contigüidad en el espacio y en el tiempo. Adicionalmente, frente a tal teoría, Núñez y González consideran:

Kelley siguiendo a Heider, presenta una teoría atributiva en la que, en vez de centrarse únicamente en el sujeto, también considera el medio, la situación en la que la conducta tiene lugar. Las causas de un hecho podrán ser atribuidas, pues, tanto al sujeto (atribución interna), como a la situación (atribución externa)¹¹

De tal manera, la teoría de la atribución causal se ocupa de problemas de percepción social y percepción del yo; es decir, estudia las reglas de inferencia usadas por los sujetos para determinar las causas tanto de su propia conducta observada como de la conducta de los demás. En general, tal teoría quiere responder a preguntas sobre percepciones sociales, autopercepción y conciencia del sujeto acerca de cómo conoce el mundo.

- **La causalidad para Piaget.** La Epistemología Genética de Jean Piaget ha sido explícitamente vinculada a la tradición racionalista, con profundas raíces de índole kantiano; en donde la causalidad es referenciada a un tipo de causalidad física. Para dicho autor, éste tipo de causalidad es considerada una pieza fundamental en su teoría, ya que juega un papel primordial en la equilibración de las estructuras cognitivas. Sin embargo dentro de la Epistemología Genética, el concepto de causalidad se ha transformado a medida que la obra piagetiana evoluciona, así lo expone Del Barrio:

¹⁰ HERRERA, Wilson y GAMBOA, Camila. Kant: defensa y límites de la razón. Bogotá: Centro editorial universidad del Rosario, 2005. p.86.

¹¹ NUÑEZ, José y GONZALEZ, Julio. Determinantes del rendimiento académico. Oviedo, 1994. p.218.

En 1927, Piaget, publicó la *causalidad física en el niño*, donde estudiaba las nociones de los niños sobre la causalidad física y demostraba una secuencia en la evolución en dicho conocimiento durante la infancia. Años más tarde (...) reconoce que en su trabajo de 1927 “el problema había sido mal planteado”, y por ello volvió sobre él (...) Enfoca el problema de la causalidad desde el punto de vista de cómo el sujeto explica las reacciones del objeto (...) En 1971 publica las *explicaciones causales*, con el físico Rolando García (...) Su hipótesis general es que explicar siempre consiste en atribuir a los objetos acciones u operaciones análogas a las nuestras: las explicaciones causales son un tipo de explicaciones propias de las ciencias físicas, mientras que las razones son un tipo de explicación propia de las ciencias deductivas. Una razón es una respuesta a la pregunta “¿por qué?”, cuando no puede contestarse con una explicación causal. En otros dos trabajos posteriores (Piaget, 1972, 1974) resume su teoría del desarrollo de la causalidad y su relación con las posiciones filosóficas en torno a la causalidad¹²

Del Barrio también menciona que en los distintos trabajos de Piaget centrados en la causalidad, desde 1965, aparece persistentemente éste triple interés:

a) La relación entre estructuras operatorias y la causalidad; b) La aportación del sujeto y sobre todo, del objeto a la relación causal, y c) La comparación del desarrollo psicoindividual de la causalidad con el desarrollo de las teorías filosóficas a lo largo de la historia¹³

Por otra parte, asociando la causalidad a la búsqueda de relaciones causales en el mundo físico (referidas a fenómenos naturales); Piaget, citado por Puche, genera una tipología de causas:

Denomina “pre-causalidad” a las explicaciones propias de los dos primeros estadios, que acostumbran a atribuir la razón de ser de las cosas a la voluntad e intenciones de un dios o de los hombres. En estas etapas iniciales, no hay causalidad y todo se justifica. Es alrededor de los 7 u 8 años cuando surge la causalidad “más racional” y próxima a la explicación física, definida por tres características diferentes: la objetividad, el establecimiento de “cadenas de intermediarios y conexiones, y el establecimiento de “series reversibles”¹⁴.

¹² PIAGET, J. La causalidad física en el niño, citado por DEL BARRIO, Cristina. La comprensión infantil de la enfermedad: un estudio evolutivo. Madrid: Anthropos, 1990. p.47-48.

¹³ Ibíd., p. 52.

¹⁴ PIAGET, J. La causalidad física en el niño, citado por PUCHE, Rebeca, COLINVAUX, Dominique, y DIBAR, Celia. El niño que piensa: un modelo de formación de maestros. Universidad del valle. Artes gráficas del valle editores - impresiones LTDA. Cali. 2001. p. 61.

Como dice Pozo¹⁵, a nivel conceptual se ha establecido que la teoría piagetiana de la causalidad es una teoría de la atribución de las operaciones a los objetos; sin embargo la similitud con Kelley en cierta terminología no debe propiciar la tendencia a acercar dichas concepciones; pues mientras para Piaget es una atribución a priori como respuesta al racionalismo; en Kelley, por el contrario, es una atribución a posteriori que no afirma nada sobre la realidad sino sobre el aspecto psicológico del sujeto que hace la atribución.

3.1.3 VISION DE LA CAUSALIDAD DESDE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

El estudio de la causalidad dentro de la didáctica de las ciencias no es un tema que abarque gran cantidad de literatura; por tal motivo, Gutiérrez, en su tesis doctoral, agrupa la información existente en cuatro grandes grupos reconociendo el riesgo que esto puede implicar, dada la simplificación que se le hace al tema.

- A) Los que centran su estudio explícitamente en las llamadas “teorías causales”.
- B) Los que estudian los “errores conceptuales” de los alumnos y hacen una interpretación de los mismos en términos causales.
- C) Los centrados en caracterizar el “pensamiento espontáneo” o “natural” de los sujetos, y detectan componentes causales en los mismos.
- D) Los que investigan “primitivas” causales en la explicación del movimiento¹⁶.

Siguiendo tal clasificación se examina a continuación cada grupo.

- **Estudios centrados en las llamadas teorías causales.** Dentro de éstos estudios se encuentran el modelo de pensamiento causal de Juan Ignacio Pozo y el modelo de “marcos alternativos” de R. Driver.

Modelo de pensamiento causal de J.I Pozo. Pozo elabora un modelo interactivo de pensamiento causal con el fin de proporcionar una mejor comprensión global de los rasgos que caracterizan a dicho pensamiento, trascendiendo la separación explícita o implícita que los modelos duales, históricamente, han hecho entre representación y razonamiento. Así lo establece Pozo:

Un modelo interactivo cuyo objetivo fundamental sería establecer la naturaleza de las interacciones entre los aspectos representacionales de la causalidad (teorías causales) y los aspectos procesuales (reglas de inferencia). Se parte de la idea de que ambos aspectos tienen una estructura formal común que es necesario considerar¹⁷.

¹⁵ POZO, Juan. Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. . Madrid: Visor Libros, 1987. p.49.

¹⁶ GUTIERREZ, Rufina. Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental. Universidad Complutense. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. 1994. p.59.

¹⁷ POZO, Juan Ignacio. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Madrid: Visor, 1987. p. 58.

Y aunque dicho modelo reconoce la naturaleza tan particular de cada uno de los aspectos (reglas de inferencia y representaciones); asume que aunque éstos son diferentes, no están separados; pues entre ellos existe un vínculo causal o interacción continua y necesaria, cuya forma está determinada por principios de carácter general, universal e inviolable que rigen al pensamiento causal en cualquiera de sus aspectos, y que por ello imponen los límites para cualquier tipo de razonamiento.

El hecho de que el modelo de Pozo¹⁸ admita la existencia de principios a priori, que restringen tal tipo de pensamiento, hace que exista una tendencia hacia las teorías de Kant y Kelley, desde la filosofía y la psicología respectivamente. Es así, como el modelo recoge cuatro principios y un metaprincipio de la teoría racionalista de la causalidad dentro de la concepción kantiana, que supuestamente deben caracterizar al tipo de pensamiento encargado de establecer vínculos o conexiones causales. Estos principios son: constancia, condicionalidad, asimetría, transmisión generativa y determinismo causal. Siendo éste último el metaprincipio; ya que no se considera universalmente admitido como los otros cuatro. De tal manera, el modelo propugna tres componentes diferentes jerárquicamente organizados en el pensamiento causal:

Unos *principios* que determinarían la forma del vínculo causal que adoptarían los otros dos componentes; una *teoría* o esquema del funcionamiento causal del fenómeno estudiando, que haría posible la comprensión del mismo, y, finalmente, un conjunto de *reglas de inferencia* que permitirían decidir entre varias ideas o relaciones plausibles presentes en un mismo fenómeno y que ayudarían de éste modo a la construcción de teorías¹⁹

Modelo de “marcos alternativos” de R. Driver. Es ampliamente reconocido que los estudiantes llegan al salón de clases con concepciones distintas a las científicas y que éstas son resistentes a la enseñanza. La perspectiva dominante para el análisis y descripción de estas concepciones ha sido la de las concepciones alternativas; desde ésta, algunos autores, entre ellos Driver, consideran las ideas de los estudiantes como marcos alternativos, o modelos científicos que ellos elaboran del mundo para comprenderlo. Driver, Guesne y Tiberghien caracterizaron el pensamiento de los niños en cuatro fases, siendo éstas:

Pensamiento dirigido a la percepción. Esta fase se caracteriza por los razonamientos de los niños y las niñas basados en las características observables de una situación o de un objeto.

Enfoque centrado en el cambio. Esta fase muestra razonamiento de los niños y niñas centrados en secuencias de hechos o en los cambios de los objetos.

¹⁸ Ibíd., p.59.

¹⁹ POZO, Juan Ignacio. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Madrid: Visor, 1987. p. 66.

Razonamiento causal lineal. Los razonamientos de los niños y niñas siguen una secuencia lineal.

Dependencia del contexto. Los razonamientos de los niños y niñas son representaciones que pueden ser comprobadas²⁰

Finalmente, para Driver, citado por Pintó, Aliberas y Gómez²¹ en su artículo científico, el conocimiento científico del alumno está interconectado, aunque no siempre de forma explícita o consciente; cierta coherencia se detecta en algunas concepciones de los alumnos, correspondientes a modelos teóricos distintos de los vigentes en la ciencia actual.

- **Estudios centrados en los “errores conceptuales” de los alumnos y su interpretación en términos causales.** Estas investigaciones, citadas por Gutiérrez²², giran en torno a la interpretación de ideas espontáneas en los sujetos, relacionándolas con una posible concepción causal. Es así, como surgen los siguientes autores:

B. Andersson: La causalidad como gestalt experiencial. Andersson toma el término “gestalt experiencial” de Lakoff y Johnson, citados por Gutiérrez²³, quienes lo definen así: “Una gestalt experiencial es una estructural multidimensional que forma un todo, y que se origina naturalmente de la experiencia”. Por lo tanto, dichos autores categorizan como una “gestalt experiencial” a la causalidad en la vida cotidiana.

Sebastiá: La causalidad como “restricción cognitiva”. Éste autor en su artículo denominado “Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes” constata si los preconceptos en una muestra de españoles son semejantes a los hallados en poblaciones sajonas y francesas, encontrando múltiples semejanzas en los resultados. Las cuales son atribuidas a la existencia de “restricciones de tipo cognitivo”.

Nussbaum: La causalidad como marco metafísico. Nussbaum encuentra en su investigación la existencia de ciertas concepciones de índole metafísico que explican

²⁰ DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid: Morata, 1989. s.p.

²¹ DRIVER, citado por PINTÓ, R.; ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R. (s.f). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona. p. 222.

²² GUTIERREZ, Rufina. Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental. Universidad Complutense. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. 1994. p.76-85.

²³ LAKOFF y JOHNSON, citado por GUTIERREZ, Rufina. Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental. Universidad Complutense. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. 1994. p.76.

la peculiaridad de las ideas espontáneas de los sujetos en torno al movimiento de los cuerpos; denominándolas “marcos metafísicos no causales”.

Steinberg, Minstrell, Hewson y Helm: Causas, Efectos y Aprendizaje. Estos autores consideran que la realidad influye sobre el aprendizaje, ya que los sujetos analizan los fenómenos con los que se enfrentan en términos de causas y efectos. De tal manera, han planteado estrategias didácticas basadas en la perspectiva anterior, que han resultado eficaces. En síntesis tal conjunto de autores comparten una intuición común, donde el pensamiento causal de los sujetos es importante para explicar sus concepciones espontáneas.

- **Estudios centrados en caracterizar el “pensamiento espontáneo” o “natural” y detectar componentes causales en los mismos.** Gutiérrez²⁴ propone para éste grupo autores que coinciden en proponer la búsqueda de “tendencias de conjunto” en las respuestas y comentarios que hacen los sujetos en situaciones experimentales que puedan justificar el planteamiento de hipótesis acerca de la existencia de modos de razonamientos espontáneos comunes. Todas éstas investigaciones se han llevado a cabo en la Universidad de Paris por 10 años, a cargo de L. Viennot, bajo el marco de tesis doctorales, siendo éstas: “La noción de Fuerza suministrada”, por L. Viennot; “La noción de “motor propio”, por E. Salteil; “La “lectura” del problema”, por S. Fauconnet; “El razonamiento secuencial”, por J.L. Closset; “El razonamiento funcional”, por L. Maurines; y “El razonamiento lineal causal”, por S. Rozier.
- **Las primitivas causales del movimiento.** Este grupo tiene dos tipos de tendencias diferentes, acorde a Gutiérrez²⁵, son: los que están conectados con trabajos realizados en Ciencia Cognitiva para caracterizar el sentido común, entre los que se encuentran Schank con una caracterización de “actos primitivos” y Johnson Laird, quien describe “primitivas semánticas”, “primitivas conceptuales”, “primitivas procedurales”, entre otras. La otra tendencia se relaciona con trabajos llevados a cabo en el Instituto de Educación de la Universidad de Londres, en los cuales se caracteriza una serie de elementos primitivos que están en la base de explicación de los movimientos por parte de los sujetos; es aquí donde se incluyen la investigación de Ogborn, Bliss y Whiteloc, ya que detecta las conceptualizaciones más primitivas acerca de las causas del movimiento.

²⁴ Ibíd., p. 86.

²⁵ Ibíd., p. 104.

De forma más somera, la anterior información se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tendencias en la conceptualización y estudio del pensamiento causal

Teorías y autores	Postulados
Las teorías y el estudio del pensamiento causal J.I Pozo y R. Driver	<p>Ambos coinciden al definir qué es una teoría causal: Una teoría causal es una estructura cognitiva constituida por una serie de ideas (para Pozo) o nociones (para Driver) causalmente relacionadas.</p> <p>En su conjunto, las aportaciones de estos dos autores ponen de manifiesto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un pensamiento causal complejo. • La preponderancia de los aspectos semánticos del mismo sobre los sintácticos. • Los cambios que las ideas de los alumnos (pensamiento causal) experimentan a medida que interactúan con los sistemas físicos. <p>Sin embargo el pensamiento de Driver es menos afinado que el de Pozo, pues no hace las distinciones que hace este autor entre principios, teorías y reglas de inferencia, sino que engloba todo lo que ella llama, siguiendo a los autores que cita, pensamiento causal.</p>
Interpretación causal de las ideas de los sujetos. Anderson, Sebastián, Nussbaum Steinberg, Minstrell, Hewson y Helm	<p>En conjunto, los autores de este grupo comparten una intuición común: el pensamiento causal de los sujetos es importante para explicar las concepciones espontáneas.</p> <p>Pero es imposible unificar los puntos de vista que en relación a la causalidad mantienen los distintos autores: mientras Anderson fundamenta su trabajo en los estudios de Lakoff y Johnson sobre metáforas y lenguaje común, y enumera hasta 20 reglas o características causales referidas a distintas áreas de contenidos, Sebastián se apoya en el trabajo de Bunge y enuncia cuatro características o reglas causales que <i>parecen</i> referirse a una concepción causal generativista; en cambio, Nussbaum se basa en la historia de la ciencia, y no enuncia reglas causales; Hewson se basa en la epistemología de la ciencia; Steinberg cita a Piaget; y Minstrell y Helm no especifican las fuentes en las que se apoyan.</p>
Causalidad y razonamientos naturales.	<p>Los autores de este grupo subrayaron los aspectos ligados al contexto del pensamiento causal. Ponen de manifiesto diversos aspectos “transversales” del pensamiento espontáneo de los sujetos (Viennot 1993a), destacando entre ellos el <i>pensamiento lineal causal</i>, para el que Rozier propone un modelo. Con este modelo, la misma Rozier, y también Viennot interpretan una parte de los hallazgos descritos por los distintos componentes del grupo, dejando algunos otros aspectos de los mismos sin interpretar.</p>

Las primitivas causales del movimiento	<p>El trabajo de este grupo se relaciona con los realizados en Ciencia Cognitiva que ha que ha profundizado en las posibilidades que ofrece la búsqueda de “primitivas” para caracterizar el sentido común. Estas “primitivas” serían los constituyentes elementales del pensamiento o del lenguaje que tendrían significación en sí mismos, de manera que cualquier otro elemento del pensamiento o lenguaje podría reducirse a ellas para adquirir significado, y ellos no admitirían reducción o descomposición en otros.</p> <p>Los trabajos de Ogborn, Bliss y Whitelock han puesto de manifiesto una serie de “primitivas” causales del movimiento, pero no hacen ninguna hipótesis sobre otros aspectos del pensamiento causal.</p>
--	--

Fuente: modificado de Gutiérrez ²⁶

3.1.4 MODELOS MENTALES

Moreira e Ileana²⁷ consideran que aprender ciencias requiere que los estudiantes construyan a partir de sus propias representaciones de los fenómenos naturales, aquellos más cercanos a los elaborados y reconocidos por la ciencia en su proceso de devenir históricos. Se reconoce, entonces, que los estudiantes, al enfrentar alguna tarea de las ciencias despliegan los modelos que tienen de la realidad y uno de cuyos componentes ha sido denominado de diferentes maneras como la de ideas previas o concepciones alternativas las más estudiadas. Tal situación, sin lugar a dudas, puede generar asunciones erradas dentro del profesorado con respecto al grado de comprensión de los modelos científicos dentro del aula. Pues los modelos mentales pueden representar figuras tridimensionales o abstractas, pueden ser estáticos o dinámicos o pueden servir de base a imágenes, aunque muchos componentes de los modelos no sean visibles y que se constituyen en el objeto de transformación en los procesos de aprendizaje.

Por eso, Treagust, D.F y otros en su artículo denominado “Comprensión de los estudiantes acerca de la naturaleza descriptiva y predictiva de los modelos escolares en química orgánica” consideran que existen distintas clases de modelos, siendo éstos:

- *Modelo científico*: es aquél que se encuentra hoy aceptado y consensuado por la comunidad científica, como parte de una teoría. Se trata de conocimiento de tipo formal, en estado puro, como representación explícita de un conocimiento científico.

²⁶ Ibíd., p. 59-104.

²⁷ MOREIRA, Marco y GRECA, Ileana. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Brasil. s.a.

- *Modelo escolar*: que son los modelos especialmente diseñados y contruidos para que el profesor ayude a sus alumnos a aproximarse al modelo consensuado.
- *Modelo mental*: es la representación interna que se genera en la mente del estudiante a partir de la experiencia del sujeto. Se trata, pues, de una imagen personal y genuina que nace del intento de la persona de comprender su mundo exterior. Aunque el proceso de modelaje conduce a modelos mentales, solo desde un modelaje guiado es posible asegurar correspondencia con los modelos científicos o consensuados.
- *Modelo expresado*: que es la versión que expresa un estudiante con respecto al modelo mental que ha adquirido. A veces no coincide con el modelo mental, debido a los obstáculos y limitaciones en la forma de expresar y/o evaluar aquello que el alumno sabe²⁸.

Asumir dentro del aula que la mente de los estudiantes está en blanco solo a la espera de nueva información es ignorar todo aquello que él ya sabe, y que al interactuar con la información que se les pretende enseñar dará paso a nuevos significados. Conocer cómo las personas representan internamente el mundo en que viven resulta esencial para saber más acerca de la cognición y buscar las estrategias que faciliten el aprendizaje. Es por ello que dentro de la investigación educativa se ha ido dejando clara la necesidad de tratar el conocimiento del que dispone el alumno, y que trae al aula, desde el terreno de la psicología cognitiva; es desde esta perspectiva donde aparecen los modelos mentales como mecanismos para comprender la manera según la cual se generan las representaciones mentales y una de esas posibilidades la ofrece la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird:

Las personas construyen modelos de los fenómenos físicos por sí mismas, para comprender ese mundo. Juntamente con la percepción, que es la fuente principal de construcción de modelos, las personas utilizan en general tres principios:

- 1) En el dominio determinista, todos los eventos tienen causa;
- 2) Las causas preceden a los eventos;
- 3) La acción sobre un objeto es la principal causa para cualquier cambio que ocurra en él.²⁹

Con estos principios se hace posible que el ser humano construya modelos causales simples que no requieren el uso de mecanismos lógicos; facilitando, de ésta manera,

²⁸ JOHNSON-LAIRD, P. Mental models, citado por TREAGUST, D.; CHITTLEBOROUGH, G. y MAMIALA, T.L. Comprensión de los estudiantes acerca de la naturaleza descriptiva y predictiva de los modelos escolares en química orgánica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. 2004, p. 272.

²⁹ Ibíd., p.274.

la explicación e interpretación de fenómenos físicos cotidianos o de carácter escolar. Éste tipo de modelos, más que concepciones alternativas aisladas podrían entenderse como formas de entender el mundo con una menor complejidad mental. Así lo reitera Laird:

La gente razona de forma semántica. Comprenden las premisas y extraen de ellas una conclusión semánticamente informativa, y entonces se aseguran de que la inferencia es válida realizando una prueba semántica directa de su validez mediante la búsqueda de contraejemplos, es decir, buscando otros modelos en los que las premisas sean todavía verdad pero la conclusión se falsa³⁰

Cuando se da por hecho el entendimiento de un fenómeno físico es porque se sabe con certeza cuál es su causa y efecto; además como iniciarlo, influenciarlo o evitarlo; en el lenguaje de Johnson-Laird: “los modelos mentales son modelos de trabajo de situaciones y acontecimientos del mundo y que mediante su manipulación mental, nos permiten, comprender y explicar fenómenos de ese mundo y actuar de acuerdo con las predicciones resultantes”³¹.

³⁰ JOHNSON-LAIRD, P. Entrevista a Philip N. Johnson Laird, citado por GARCIA, Juan A. UNED. Facultad de psicología. Madrid, 1988. p. 317.

³¹ JOHNSON-LAIRD, Op.cit., citado por GRECA, Ilena y MOREIRA, Marco. Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. Instituto de física. Porto Alegre. p.111.

4. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

Cuadro 2. Categorías de análisis

Categorías	Operacionalización	Indicador
Teorías Causales	Teorías sobre la relación entre la variable independiente y la variable dependiente en los problemas diseñados para la investigación	Enunciados proferidos por los estudiantes de grado 7º de la Institución Educativa El Pital (Sede Córcega) durante el proceso de solución de problemas en las fases pre experimental y pos experimental
Inferencias	Regla que se utiliza para establecer la relación entre las variables independientes y dependientes en el proceso de resolución de problemas por estudiantes de grado 7º de la Institución Educativa El Pital (Sede Córcega)	Enunciados proferidos por los estudiantes de grado 7º de la Institución Educativa El Pital (Sede Córcega) durante el proceso de solución de problemas en las fases pre experimental y pos experimental

Fuente: Elaboración propia. 2011

5. METODOLOGÍA

5.1 CONSIDERACIONES METODOLOGICAS GENERALES

Dentro de las investigaciones realizadas sobre causalidad en la Didáctica de la ciencias, se ha encontrado la aplicación de diversas metodologías; las cuales, según Gutiérrez, tienen en común la obtención de información a través de datos denominados “*de un primer nivel del pensamiento*”, término definido como: la información que produce de primera intención un sujeto ante un estímulo, sea este fortuito (por ejemplo, un comentario acerca de la lluvia), o preparado para una situación experimental (por ejemplo, la contestación a un cuestionario, oral o escrito, y la eventual explicación de la respuesta), sin que se establezca una interacción intencional con un agente que le haga repensar sus comentarios, contestaciones o explicaciones³². Tal categoría conceptual es retomada por la presente investigación, al pretender caracterizar los modelos de pensamiento causal en estudiantes de grado 7º; entendiendo el concepto caracterizar, según la Real Academia Española³³, como determinar los atributos peculiares de alguien o algo, de modo que claramente se distinga de los demás; De tal manera, se busca la obtención y el análisis - no matemático - de datos descriptivos (como las palabras dichas y escritas); dentro de dos categorías de análisis definidas: teorías causales y reglas de inferencia (Cuadro 2), usando para ello un proceso interactivo y continuo de solución de problemas, acorde a los pasos sugeridos por el matemático Polya³⁴. La caracterización consiste en identificar, en el discurso de los estudiantes, los enunciados correspondientes a las teorías causales y a las reglas de inferencia, para a partir de ellos, construir el o los modelos de causalidad.

Comprender el problema.

- ¿Cuál es la incógnita? ¿Cuáles son los datos?
- ¿Cuál es la condición? ¿Es la condición suficiente para determinar la incógnita?

Concebir un plan.

- ¿Se ha encontrado con un problema semejante?
- ¿Conoce un problema relacionado con éste?

Ejecutar el plan.

- Al ejecutar su plan de la solución, compruebe cada uno de los pasos.

³² GUTIERREZ, Rufina. Coherencia del pensamiento espontáneo y Causalidad. MADRID, 1994. p. 112. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=15800>

³³ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, disponible en: <http://www.rae.es/rae.html>

³⁴ POLYA, J. How to solve it, citado por POZO, Juan Ignacio. La solución de problemas. La solución de problemas en ciencias de la naturaleza. España: Editorial Santillana, 1994. p. 26.

Visión retrospectiva.

- ¿Puede usted verificar el resultado? ¿Puede verificar el razonamiento?

Aunque Polya establece tal secuencia gracias a sus observaciones sobre la forma como expertos matemáticos, incluido él mismo, resuelven problemas, Pozo considera que “las fases de solución de problemas y los métodos heurísticos para buscar esta solución descritos por Polya han sido considerados como métodos generales de resolución de tareas independientes de su contenido”³⁵. De tal manera, se considera que tal secuencia puede ser aplicable a cualquier tipo de investigación que haga uso de la solución de problemas.

La recolección de la información se lleva a cabo durante los momentos establecidos para la solución de los problemas, y se evidencia en el numeral 5.4 (procedimiento) del presente documento.

Dadas las razones anteriores, ésta investigación se reconoce como un estudio de índole Cualitativo. De la cual Douglas³⁶, reconoce:

“la investigación cualitativa procesa los datos difícilmente cuantificables como los informes de las entrevistas, las observaciones, los diarios íntimos, los videos; que recurre a un método de análisis flexible y más inductivo; que se inspira en la experiencia de la vida cotidiana y en el sentido común que intentas sistematizar”.

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La investigación tiene como población al grado 7ºD (22 estudiantes) de la Institución Educativa el Pital en su sede denominada Córcega (Pereira, Colombia), durante el curso académico correspondiente al año 2010; se presenta el proyecto a los estudiantes de forma general, dejando clara la importancia de su participación voluntaria dentro de él; no solo por el interés particular de la profesora-investigadora, sino también por la posibilidad de conocer la caracterización particular del pensamiento encargado de establecer vínculos o conexiones causales; hecho que solo se hace posible si su intervención es plena en las cuatro fases de solución de problemas establecidas por Polya, para cada uno de los problemas propuestos; conocimiento que puede ser útil en aspectos académicos posteriores.

Para la selección de la muestra se emplea, por conveniencia, el criterio de participación individual plena en todas las etapas de solución de problemas propuestas por Polya (Comprender el problema, Concebir el plan, Ejecutar el plan y Visión retrospectiva) para cada uno de los cuatro problemas propuestos; es así como

³⁵ Ibíd., p. 25.

³⁶ DOUGLAS, J.D. Investigative Social Research, citado por DESLAURIERS, Jean. Investigación Cualitativa: guía práctica. Versión al español al cuidado de Miguel Ángel Gómez M. Pereira: Editorial Papiro, 2004. p.6.

se encuentra que de toda la población, solo 10 estudiantes cumplen con dicha participación, constituyéndose en la muestra de la presente investigación.

5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La observación directa es la técnica a usar, ya que existe una interrelación entre la docente-investigadora y la muestra poblacional de la cual se obtienen los datos requeridos por las categorías de análisis. Dicha técnica está apoyada en:

- Cuestionarios individuales durante las etapas: comprender el problema, ejecutar el plan y visión retrospectiva.
- Bitácoras de trabajo durante la etapa: ejecución del plan
- Filmación de socializaciones durante la etapa de visión retrospectiva.

Los instrumentos de la investigación se clasifican en dos grupos: los instrumentos para la caracterización del pensamiento causal y los instrumentos usados para la recolección de información.

5.3.1 Instrumentos de medición de las categorías del pensamiento casual. Para la identificación de las categorías del pensamiento causal se adaptan problemas en ciencias naturales que deben ser solucionados a través de procesos de experimentación, siguiendo la ruta propuesta por Polya. Previo a lo anterior, se realizan pruebas piloto con problemas relacionados con: disposición de basuras, calentamiento global y contaminación de cultivos por riego con aguas contaminadas. Los resultados obtenidos en dichas pruebas piloto muestran que los enunciados lingüísticos no permiten identificar los componentes relacionados con la investigación. Por tal razón, se adaptan cuatro problemas previamente usados por la UNESCO y “Colombia Aprende” en torno a la evaluación de la calidad de la educación, siendo éstos:

Los experimentos N°1 y N°2 son adaptaciones de experimentos usados por la UNESCO³⁷ (anexo A), quien los enmarca en un proceso de solución de problemas. Al primero de ellos lo incluye en el dominio conceptual “seres vivos y salud”; y se presenta como una actividad que refleja, en forma simplificada, un aspecto de los famosos experimentos que realizó Francesco Redi; actividad donde casi el 40% de los niños logró comprender el texto e identificar la pregunta, realizando para ello una cadena de inferencias. El segundo experimento es incluido en el dominio conceptual “Materia y Energía”; y se presenta como una actividad que analiza los distintos factores que intervienen en la situación planteada, con el fin de reconocer aquellos que la explican; resultó ser respondida correctamente por el 50% de los niños. Aunque la UNESCO usa éstos experimentos dentro de un contexto de “selección a la respuesta correcta”, la presente investigación adopta de ellos solo el enunciado; como punto de partida para elaborar los instrumentos de recolección de información.

³⁷ UNESCO. p. 83-85.

Los experimentos N°3 y N°4 son problemas adaptados, cuya versión original se encuentra en la página “Colombia Aprende” (Anexo A); el primero de ellos permite observar cómo afecta la disponibilidad de recursos a los individuos de una población; plantando semillas en una serie de recipientes, haciendo variar tanto el tamaño de los recipientes como el número de semillas plantadas; dentro de las adaptaciones a éste experimento está el cambio del tipo de semillas propuesto; de tal manera en lugar de sembrar trigo los estudiantes sembraron fríjol por ser una semilla de mayor disponibilidad en el medio y garantía de germinación. El experimento N°4 permite observar los efectos de la levadura en la descomposición de los alimentos.

5.3.2 Instrumentos para la recolección de información. Estos instrumentos se presentan en el cuadro 3, se diseñaron con base en la secuencia usada por Polya para la solución de problemas.

Cuadro 3. Instrumentos usados para recolectar información durante los pasos para resolver un problema (Polya)

Pasos para resolver un problema (Polya)	Instrumentos usados		
	Cuestionario (palabras escritas)	Bitácora (palabras escritas)	Socialización (palabras dichas)
Comprender el problema	X		
Concebir un plan	X		
Ejecutar el plan		X	
Visión retrospectiva	X		X

Fuente: Elaboración propia. 2011

El cuadro 4 muestra el uso de instrumentos de recolección de información en cada uno de los experimentos realizados.

Cuadro 4. Uso de instrumentos dentro de la recolección de información

Pasos para resolver un problema (Polya)	Comprender el problema	Concebir un plan	Ejecutar el plan	Visión retrospectiva
Experimento N°1	Cuestionario 1; numerales 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 y 2.3.5 (Ver anexo C)	Cuestionario 1; numerales 2.1.4, 2.1.5, 2.2.4, 2.2.5 (ver anexo C)	Bitácora (ver anexo D)	Cuestionario 2 (ver anexo E)
Experimento N°2	Cuestionario 3; numerales 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (ver anexo F)	Cuestionario 3; numerales 10 y 11 (ver anexo F)	Bitácora (ver anexo G)	Cuestionario 2 (ver anexo E)

Experimento N°3	Cuestionario 4; numerales 1, 2, 3, 4 y 5 (ver anexo H)	Cuestionario 4; numerales 6 y 7 (ver anexo H)	Bitácora (ver anexo I)	Cuestionario 5 (ver anexo J)
Experimento N°4	Cuestionario 6 ; numerales 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 (ver anexo K)	Cuestionario 6 ; numerales 1.4, 1.5, 2.4, 2.5 (ver anexo K)	Bitácora (ver anexo L)	Cuestionario 7 (anexo M)

Fuente: Elaboración propia. 2011

5.4 PROCEDIMIENTO

La ejecución de cada experimento se dirige por la secuencia metodológica planteada por Polya para la solución de problemas, de la siguiente manera:

- Comprender el problema: se proponen cuatro problemas de ciencias naturales relacionados con la descomposición de sustancias orgánicas, la evaporación de dos líquidos de diferente naturaleza, la germinación de semillas de frijol, y los efectos de la levadura en la descomposición de los alimentos (Anexo A) usando para ello cuestionarios que, a su vez, permiten identificar las hipótesis preexperimentales en torno a las causas de cada situación en particular (Anexos C, F, H y K).
- Concebir un plan: comprendido el problema, cada estudiante propone un plan experimental a través del cual se verifiquen, o no, las hipótesis planteadas preexperimentalmente (Anexo C en sus numerales 2.1.4, 2.1.5, 2.2.4, 2.2.5; Anexo F en sus numerales 10 y 11; Anexo H en sus numerales 6 y 7; y en Anexo K en sus numerales 1.4, 1.5, 2.4, 2.5).
- Ejecutar el plan: se lleva a cabo el experimento requerido por cada uno de los problemas propuestos inicialmente, siguiendo el plan concebido y registrando diariamente los hechos observados a través de bitácoras (Anexos D, G, I y L).
- Visión retrospectiva: a la luz de los datos experimentales registrados en las bitácoras para cada uno de los problemas propuestos, los estudiantes plantean hipótesis posexperimentales en torno a las posibles causas de cada situación experimental. Tales hipótesis son contrastadas con las hipótesis preexperimentales, verificando similitudes y/o diferencias entre ellas, haciendo uso para ello de: socializaciones apoyadas en posters y cuestionarios (Anexos E, J y M).

Esta secuencia metodológica se establece mediante tres fases: pre experimental, experimental y posexperimental. Cada una de las cuales tiene relación directa con el consecutivo metodológico propuesto por Polya de la siguiente manera:

Fase preexperimental: donde se lleva a cabo comprender el problema y concebir el plan.

Fase experimental: en la cual se ejecuta el plan.

Fase posexperimental: relacionada con la visión retrospectiva.

La estructura del Protocolo general para llevar a cabo cada experimento se da a conocer en el Cuadro 5:

Cuadro 5. Protocolo general en la solución de los problemas planteados

Pasos necesarios para solucionar un problema	Instrumento usado	Estrategias o heurísticos
1. Comprender el problema	Cuestionario (forma individual)	Descripción de situación experimental
		Formulación de hipótesis con respecto a las relaciones causales de la situación descrita
2. Concebir un plan	Cuestionario (forma individual)	Planteamiento de experimentos que corroboren la hipótesis de relaciones causales planteadas
3. Ejecutar el Plan	Bitácora de trabajo	Adecuación de espacio para la realización del experimento propuesto
		Conformación grupos de 2 estudiantes
		Puesta en marcha de la ejecución experimental del problema por cada grupo
		Registro diario, durante el tiempo estimado, para cada experimento en bitácoras de trabajo.
4. Visión retrospectiva	Socialización (exposición de posters) y Cuestionario (individual)	Socialización grupal de los resultados experimentales obtenidos en la ejecución del plan, haciendo uso de posters.
		Formulación individual de hipótesis con respecto a las relaciones causales de los resultados experimentales obtenidos en la ejecución del plan, a través de cuestionarios.
		Verificación de hipótesis, comparando los resultados esperados (en la etapa de comprender el problema) con los resultados obtenidos en la ejecución del plan.

Fuente: Elaboración propia. 2011

5.5 ESTRUCTURA GENERAL PARA EL PLAN DE ANÁLISIS

Para analizar la información obtenida a través de la estrategia de solución de problemas, en sus fases preexperimental y posexperimental, se establece:

- La exposición (variable independiente) o causas de los problemas planteados
- Los resultados (variable dependiente)
- Los tipos de inferencia, según el modelo causal de Pozo, aplicadas respecto de la relación causa-efecto.

Se realiza análisis de contenido para identificar las teorías, y análisis de discurso para identificar las inferencias. La identificación de las teorías se fundamenta en el conocimiento “científico” existente alrededor de las causas de los fenómenos en experimentación; el análisis de discurso tiene como objetivo central identificar los conectores de causalidad y su relación con las reglas de inferencia de Pozo

Dicha caracterización se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Guía para el análisis de las teorías y reglas de inferencia en cada uno de los problemas empleados para la caracterización del modelo de pensamiento causal

Problema 1. Descomposición de sustancias orgánicas (carne) - Experimento de Redi				
Diseño	Variable independiente	Variable dependiente	Teorías	Reglas de inferencia
Grupo experimental: trozo de carne en frasco destapado. Grupo control: trozo de carne en frasco tapado	Exposición ambiental en el grupo experimental	Descomposición de la carne	Descomposición causada por la presencia de organismos detritívoros (E) Descomposición causada por procesos naturales de tipo endógeno	Conectores de causalidad y Reglas de inferencia de Pozo

Problema 2. Evaporación de dos líquidos de diferente naturaleza química				
Diseño	Variable independiente	Variable dependiente	Teorías	Reglas de inferencia
Vaso con agua destapado y Vaso con alcohol destapado	Exposición ambiental	Evaporación	<p>El calórico abandona los cuerpos inmediatos da a las moléculas acuosas la fluidez aeriforme. El aire no tiene influjo alguno en la producción del fenómeno (Deluc 1727-1817).</p> <p>Reconoce la facultad disolvente del aire sin atribuirle exclusivamente la razón del fenómeno. Según él se combinan muchas causas en su producción, y el calórico es la que tiene mayor influjo (Ensayos de física, Ley de 1739).</p> <p>Atracción que ejerce el aire sobre las moléculas acuosas, que están en contacto con él (Leroi)</p> <p>El agua disuelta por una masa de aire aumenta la elasticidad de éste fluido (Sausure)</p>	Conectores de causalidad y Reglas de inferencia de Pozo

Problema 3. Germinación de semillas de frijol para evaluar los efectos de la limitación de recursos y la capacidad de carga del ambiente				
Diseño	Variables independiente	Variable dependiente	Teorías	Reglas de inferencia
<p>Siembra de 5, 25, 50, 100, 250 semillas de frijol en bolsas pequeñas, medianas y grandes.</p> <p>Cada grupo de semillas (5, 25, 50, 100 y 250) fue sembrado en bolsas con tierra pequeñas, bolsas medianas y bolsas grandes</p>	Espacio y cantidad de tierra	Germinación de las semillas	<p>La germinación depende de la resistencia Ambiental a través de los factores limitantes. Biológicos (intrínsecos) y factores físicos (extrínsecos)</p> <p>Intrínsecos: genéticos y reproductivos Extrínsecos: clima humedad, tierra</p>	Conectores de causalidad y Reglas de inferencia de Pozo
Problema 4. Efectos de la levadura en la descomposición de los alimentos				
Diseño	Variable independiente	Variable dependiente	Teorías	Reglas de inferencia
<p>Grupo experimental: Plátano sin cáscara con levadura en bolsa de plástico sellada</p> <p>Grupo control: Plátano sin cáscara en bolsa de plástico sellada</p>	Exposición a acción de levaduras	Descomposición del plátano	La levadura descompone los carbohidratos para su propia alimentación o los fermenta para producir otras moléculas.	Conectores de causalidad y Reglas de inferencia de Pozo

Fuente: Elaboración propia. 2011

6. RESULTADOS

Para la presentación de los resultados de la investigación se sigue el siguiente orden:

- Descripción y análisis de las respuestas dadas por cada uno de los estudiantes a los problemas planteados.
- Identificación de la tendencias observadas acerca de las categorías de análisis: teorías e inferencias
- Interpretación y articulación de las categorías en la construcción de un Modelo de pensamiento causal.

6.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE TEORÍAS EMPLEADAS EN LAS FASES PREEXPERIMENTAL Y POSEXPERIMENTAL POR PROBLEMA

En este aparte se analizan las respuestas dadas por los estudiantes, a cada problema, en la fase previa a la experimentación, y las dadas después de plantear y ejecutar el experimento, y observar y registrar los cambios ocurridos.

Por la extensión de la transcripción de los textos verbales y escritos de los estudiantes durante la solución de cada problema, se presenta, de manera completa, en el anexo N. Para la lectura, E1, E2, y así sucesivamente corresponde a la identificación de cada estudiante; un número entre paréntesis señala la ubicación del enunciado en el texto transcrito. Ejemplo: (32) indica que el texto está ubicado en el renglón 32.

Puesto que en este numeral se identifican las evidencias de las categorías de análisis propuestas para el estudio, el lector dispone de una parte de las transcripciones y de los cuadros que muestran las teorías y las reglas de inferencia. Finalmente, se presenta el modelo(s) de pensamiento causal de los estudiantes incluidos en el estudio.

Además, con el fin de facilitar la lectura del documento, en cada problema se partirá de la formulación que se presentó a los estudiantes.

Problema 1. Origen de la vida: experimento de Redi.

En dos frascos de vidrio, uno sin tapa y otro con tapa, se disponen trozos de carne cruda durante 10 días.

Previo a la ejecución del plan, E1 postula como hipótesis a los cambios de la carne en el frasco destapado: "...en el interior se van acumulando las sustancias, las cuales al estar destapado el frasco después se van secando..."(6)..."porque los rayos del sol llegan al frasco destapado y pueden ocasionar malos olores y la sustancia queda en el

interior del frasco, o si no la sustancia también se puede secar por los rayos del sol..." (32). Esta hipótesis atribuye como causa de los cambios en la carne a su contacto directo con los rayos del sol; explicación que reconoce la influencia de los factores abióticos sobre la descomposición de la materia orgánica; sin embargo no vincula el factor físico con las transformaciones, de diferente orden o dominios, que tendrían lugar. Cabe señalar que según la *Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER)* la temperatura promedio de la ciudad de Pereira es de 21°C, razón que favorece la hipótesis sobre la gran influencia de la alta temperatura sobre la situación experimental. En la carne del frasco con tapa la hipótesis preliminar es: *"...la sustancia de la carne se queda en el interior del frasco y por dentro puede quedarse el olor..."* (69)...*"Porque al estar el frasco tapado se quedan los malos olores dentro y cuando lo destapan se salen"* (91); no se atribuye una causa explícita al hecho. Después de ejecutar el experimento, evidencia cambios físicos (olor y color), y presencia de gusanos (en la carne del frasco sin tapa); la hipótesis planteada frente a tal registro en la carne del frasco destapado es: *"...se puso morada y saliendo unos gusanos por debajo que se fueron comiendo la carne..."* (813)...*"...porque como el tarro estaba destapado le podían ir entrando cosas como polvo o incluso un mosquito, y esas cosas pueden ocasionar los gusanos o porque estaba la carne muchos días por fuera de la nevera..."* (838); la descomposición de la materia orgánica se debe a dos causas: acción de entomofauna de cadáveres o detritívoros y ausencia de temperatura baja; la primera de ellas se acerca a la biogénesis o teoría de *Redi*, quien demostró que los gusanos que se desarrollan en la carne en putrefacción son los estados larvarios de la mosca. La otra causa atribuida por E1, ausencia de frío, aproxima al reconocimiento de la influencia que tienen las altas temperaturas sobre la descomposición de la materia orgánica; según Calabuig³⁸ tal factor físico influye sobre el hecho de dos maneras diferentes: externamente gracias al favorecimiento de la proliferación microbiana; e internamente, ya que ésta se eleva en la segunda fase de la descomposición gracias al efecto combinado de los procesos de descomposición bacteriana y la actividad metabólica de las larvas de los dípteros. En el frasco con tapa: *"la carne estaba normal al paso de unos días fue saliendo como una grasita de color amarillo y blandita; cuando la destapamos le salió un olor tan maluco..."* (862)...*"...porque como estaba tapado el frasco, no tenía por donde entrar las cosas como en el otro frasco..."* (883). Aunque registra cambios muy diferentes a los acontecidos en el frasco sin tapa, reconoce que la condición de aislamiento impide la influencia de factores externos (organismos detritívoros) sobre la descomposición de la carne. En general, se observa que durante el pre experimental la descomposición de la carne del frasco sin tapa es atribuida a un factor netamente físico (temperatura); causa que prevalezca en la fase post experimental, y a la cual le añade una nueva atribución de carácter biológico. Con respecto a la carne del frasco con tapa, durante el pre experimental no establece una causalidad al hecho; sin embargo, al realizar el experimento la causalidad atribuida a los cambios físicos registrados está relacionada con aspectos biológicos. La descomposición de la materia orgánica teóricamente requiere la confluencia de causas de carácter físico, químico y biológico; se trata de procesos de mayor complejidad.

³⁸ CALABUIG, Gisbert. Medicina legal y toxicología. España: Gráficas, 2005. p.254.

La perspectiva de E2 antes del experimento sobre el frasco de la carne sin tapa se realizan con base en las prácticas de refrigeración requeridas para la conservación de la carne *“es un organismo que requiere de cuidado especial para que no se dañe, la carne se puede secar en un momento determinado, por eso tiene que estar almacenada en un recipiente o algo que esté frío para que no se descomponga ni se den olores rancios”* (8)... *...“por eso es debido almacenarla en algo frío para mantenerla fresca...”* (34). Carne en frasco con tapa: *“y aunque el frasco esté tapado pero expuesto al calor, se recalienta y la carne se descompone”* (70)... *“porque ella necesita refrigeración”* (70); durante la etapa pre experimental la descomposición de la materia orgánica se atribuye a la temperatura, independiente de las condiciones específicas que rodean al sustrato; nuevamente la explicación del fenómeno se relaciona, en forma aproximativa, a los procesos de descomposición de la materia orgánica por parte del desarrollo microbiano favorecido por altas temperaturas. Cuando enfrenta los resultados del experimento - presencia de gusanos y cambio de color en la carne del frasco sin tapa, y formación de grasa amarilla en la carne del frasco con tapa - explica de la siguiente manera, para el frasco sin tapa *“porque la carne al estar expuesta a todo tipo de bacterias o bichos, seguro se le incrustaron algunas larvas que con el tiempo se fueron desarrollando...; también por estar expuesta a la luz y el aire”* (841). Esta atribución causal contempla la influencia tanto de los factores bióticos (población microbiana y dípteros descomponedores) como abióticos (luz y aire) en la descomposición de la materia orgánica. En la carne del frasco con tapa: *“puede llegar a formar ésta grasita que ranciará a la carne y producirá olores malucos”* (886); bajo ésta condición - aislamiento de la carne a factores externos – la causa de descomposición está relacionada a características propias de la carne. Esto puede estar vinculado a lo que acontece en la fase inicial de la descomposición, donde solo intervienen microorganismos ya presentes en el cuerpo. En la carne del frasco sin tapa, las predicciones tienen la misma tendencia de E1, en la cual antes y después del experimento la causa de la descomposición de la materia orgánica está vinculada a factores físicos, y agrega otra causa a la hipótesis del post experimental relacionada con factores biológicos. En la carne del frasco con tapa inicialmente se atribuye su descomposición a factores físicos, una vez realizado el experimento cambia su hipótesis inicial al considerar que la causa obedece a varios factores biológicos.

En el cuadro 7 se presentan evidencias de las teorías usadas por los estudiantes, en las fases preexperimental y posexperimental, para la solución del problema 1.

Cuadro 7. Teorías usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 1

FASE PREEXPERIMENTAL			
Carne de frasco sin tapa			
Categoría Teorías	Factor causal de los cambios en la carne	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Rayos del sol	3	E1:32; "porque los rayos del sol llegan al frasco destapado y pueden ocasionar malos olores...o si no la sustancia también se puede secar...". E2:34; "Porque la carne estaba expuesta a la luz solar, y ésta la puede secar, descomponer y hasta producir olores rancios...". E15:27; "...la carne se pudriría y empezaría a oler feo, porque por los rayos solares y el vidrio se quemará...cambiará de color".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	4	E2:8: "Le entra aire a la carne y se puede descomponer...". E5:38; "...porque la carne se daña muy fácil con solo dejarla destapado un momentico empieza a oler maluco". E7:44; "porque está al aire libre...por eso cambia de aspecto". E9:45; "porque la carne la dejaron demasiado tiempo, o sea días destapada, y...se descompuso".
NA	Agua (mal interpretación de la situación experimental)	1	E18:52; "porque el frasco estuvo mucho tiempo en el agua y debido a eso cogió mal olor".
Carne de frasco con tapa			
Categoría	Factor causal de los cambios en la carne	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Rayos del sol	2	E2:70; "Si el frasco no está refrigerado y pasa mucho tiempo expuesto al sol se puede recalentar y la carne descomponer...". E2:92; "El frasco se recalentó mucho y la carne se descompuso porque estaba expuesta al calor...". E6:76; "la carne poco a poco se irá descomponiendo, porque es como si dejáramos varios días una comida al "resisterio" del sol cuando queramos hacer algo con ella ya va a estar muy descompuesta...". E15:87; "...puede ser que la dejen al sol y le pasará lo mismo que el frasco sin tapa, pues la carne se quemará...". E15:106; "...se vuelve pequeña porque el sol que le da la vuelve así".

La causa transmite algo de sí misma al efecto	Factores endógenos	1	E3:73; "pero la carne misma se comienza a descomponer poco a poco"; E3:95; "porque así está tapado la carne misma se encarga de descomponerse..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto (No hay contacto con la causa)	Ausencia de aire	1	E7:101; "porque la carne está encerrada y no tiene aire..."
FASE POSEXPERIMENTAL			
Carne de frasco sin tapa			
Categoría	Factor causal de los cambios en la carne	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Moscas	5	E1:838; "...porque como el tarro estaba destapado le podían ir entrando cosas como polvo o incluso un mosquito, y esas cosas pueden ocasionar los gusanos...". E3:819; "...se llenó de moscas de tanto estar destapado y la carne cogió unos gusanitos y se puso como babosa". E6:846; "porque las moscas al uno dejar cosas destapadas, además que se está descomponiendo,...dejan unas bolitas llamadas "queresas" y éstos son los gusanos de los que se llenó la carne". E7:848 "...y como estaba al aire libre, entonces las moscas depositaban huevos para que así surjan los gusanos". E9:853; "...o de pronto se entraron moscas"
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Bacterias y otros	2	E2:841; "porque la carne al estar expuesta todo tipo de bacterias o bichos, seguro se le incrustaron algunas larvas que...fueron absorbiendo todo lo bueno de la carne, y por eso la ranciaron...". E9:853; "...porque al estar al aire libre le entran bacterias y otras cosas; por eso creo también que se secó y causó ese cambio..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto "	Gusanos	1	E15:855; "...de pronto los gusanos fueron porque estaba podrida y se fueron formando dentro de la carne, o entraron del exterior del frasco"
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Luz	1	E2:841; "...por estar expuesta a la luz y al aire"
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	1	E2:841; "...por estar expuesta a la luz y al aire". E5:851; "la carne cambió de color porque al pasar los días el aire libre se iba secando y cambiando de semblante"

La causa transmite algo de sí misma al efecto	Calor	2	E9:853; "...porque como le entraba el calor..." E18:859; "porque el sol le pega al tarro y por eso creo que se dan esos cambios".
Carne de frasco con tapa			
Categoría	Factor causal de los cambios en la carne	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de si misma al efecto	Ausencia de aire	1	E2:886; "...porque la carne al estar sin aire todo lo que la carne debe expulsar se queda encerrado y se mezcla y puede llegar a formar ésta grasita que ranciará a la carne y producirá olores malucos"
La causa transmite algo de si misma al efecto	Calor	3	E7:894; "...se puso como más dura porque con el calor se secó...". E9:896; "...le daba el calor entonces yo creo que el frasco se calentó y...como la carne ya estaba como podridita se mezcló con el sudor del frasco causando una baba blanca con rojo que le dio y produjo que nacieran gusanos". E18:904; "...estaba cerrada y al pegar el sol al vidrio y estar encerrada en medio de calor se dan esos cambios"

Fuente: Elaboración propia. 2011.

El cuadro 8 presenta una síntesis de las atribuciones causales dadas a la descomposición de la carne, en el caso control y experimental, en la fase preexperimental y posexperimental.

Se observa que en el caso control las hipótesis sobre la descomposición de la carne incluían como agente causal a la exposición, aunque estuviera tapada, al ambiente en el cual se encontraba y que implicaba la exposición a los rayos de sol, a la ausencia de aire (frasco tapado) o factores endógenos, propios de la carne. Después de observar la manera como la carne se descomponía paulatinamente, sin contacto con el aire, el efecto se atribuyó a la falta de aire y al calor.

En el caso experimental la carne expuesta al aire (frasco destapado) los estudiantes, antes de exponerla al medio ambiente, plantearon la hipótesis de que la carne se descompondría debido a los rayos del sol y a la exposición al aire. Realizado el experimento las causas identificadas fueron la luz y el calor, que coinciden con la fase preexperimental; y las moscas, las bacterias y los gusanos. En esta observación hay una superación de lo que en un momento se consideró como generación espontánea y que motivó a Redi a proponer ese experimento.

Las teorías que los estudiantes emplean en la atribución de las causas de la descomposición de la carne, ponen en evidencia, que en la fase preexperimental,

tanto en el control como en el experimental, sus hipótesis establecen una relación causal que implica a la presencia de aire, a la ausencia de aire y a factores endógenos de la carne basados en las transformaciones que observan en la vida cotidiana y cuyos efectos se ubican en los cambios en las características físicas y organolépticas.

En la fase posexperimental la atribución causal, en el caso control (carne en frasco tapado), se mantiene refiriéndose nuevamente a factores como el aire. En el caso experimental (carne en frasco sin tapa) aunque se mantiene en algunos estudiantes la atribución del preexperimento, la descomposición de la carne se relaciona con la presencia de larvas y moscas, organismos detritívoros. Sin embargo la atribución causal es realizada sólo en el marco de lo observable (moscas, gusanos) sin que se evidencie una comprensión de la naturaleza bioquímica de los procesos.

Se puede afirmar que el contenido de las teorías, muestra una dependencia de factores contextuales basados en la percepción sensorial.

Cuadro 8. Teorías empleadas en la fase preexperimental y posexperimental en la solución del problema 1

Causa de la descomposición de la carne en frasco con tapa o <u>Control</u> (C)	Pre Exp.	Pos Exp.	Causa de la descomposición de la carne en frasco sin tapa o <u>Experimental</u> (E)	Pre Exp.	Pos Exp.
Rayos del sol	2	0	Rayos del sol	3	0
Factores endógenos	1	0	Aire	4	0
Ausencia de aire	1	1	Moscas	0	5
Calor	0	3	Bacterias y otros	0	2
			Gusanos	0	1
			Luz	0	1
			Aire	0	1
			Calor	0	2

Fuente: Elaboración propia. 2011

El cuadro 8 muestra los factores causales que los estudiantes atribuyen a los cambios de la carne, tanto en el frasco control como experimental, antes y después de realizar el experimento, y su respectiva cuantificación. Es así como se logra evidenciar que durante el preexperimental las causas principales de los cambios en la carne para los estudiantes son los rayos del sol (frasco control) y el aire (frasco experimental); mientras que en el posexperimental son el calor (frasco control) y las moscas (frasco experimental); cabe recordar que dichas causas se hallan dentro de la categoría de las Teorías Causales relacionada con “*La causa transmite algo de sí mismo al efecto*”.

Problema 2. Evaporación del Agua y el Alcohol.

Dos vasos de vidrio quedaron destapados 10 días con igual cantidad de agua y de alcohol. En cada uno había 10 centímetros cúbicos de los líquidos mencionados.

Antes de realizar el experimento, la hipótesis planteada por E1 con respecto al vaso con agua (control) es: *"...como el agua es pura y el aire lleva contaminantes se va secando, por el aire contaminado..."* (1011)...*"Porque el aire al estar contaminado se va secando el agua; y el aire y el agua se van como juntando..."* (1027). La explicación atribuye como causa de la evaporación la contaminación del aire, nexo – aparentemente – no relacionable a teoría conocida; sin embargo, se puede establecer una leve aproximación con la teoría de *Julián Leroi*, quien fue el primero en establecer la causa más cercana a la teoría actual sobre la evaporación. Según Libes³⁹, para *Leroi* la verdadera causa de la evaporación es el aire. Este fenómeno se debe a la atracción del aire sobre las moléculas acuosas en contacto con él. En el vaso con alcohol: *"si el ambiente es frio casi no se seca el alcohol, pero si está en un ambiente caluroso más rápido se seca por los químicos"* (1040)...*"porque como el ambiente es frio no se seca el alcohol, o si, pero poquito. No como el ambiente caloroso que hay posibilidad de que el alcohol se seque más ligero"* (1056)...*"Porque como el alcohol tiene químicos y el agua no, entonces por eso el alcohol baja más, y van teniendo cambios..."* (1633). La evaporación es atribuida a dos causas: temperatura del aire (calor) y presencia de químicos; hipótesis que acerca a la teoría de *Muskembrock* (*Ensayos de física, Ley de 1739*) quien reconoce la facultad disolvente del aire, pero sin atribuirle exclusivamente la razón del fenómeno; ya que según *Despretz*⁴⁰ para que la evaporación suceda se deben combinar muchas causas, siendo el calor quien tiene mayor influjo. Durante el pre experimental la evaporación se debe a factores físicos (aire) cualquiera sea el líquido; estableciendo relación entre causas de diversa índole, solo cuando realiza la predicción para la evaporación del alcohol; donde vincula la ocurrencia simultánea de causas físicas y químicas. Después de realizar el experimento y registrar con su bitácora cambios relacionados con el olor, el color, el volumen y la viscosidad, formula la siguiente hipótesis para el vaso con agua (control): *"el agua está más llena que el alcohol...está en 7.4 cm..."* (1592)...*"porque como el agua no tiene químicos ni sustancias, nada de eso, por eso casi no bajaba como el alcohol..."* (1607). La hipótesis cambia a la planteada pre experimentalmente, ya que el hecho se debe a la naturaleza propia del agua (sin químicos). En el vaso con alcohol la hipótesis es: *"...está más bajo que el agua..."* (1554)...*"porque el alcohol tiene químicos..."* (1566). Nuevamente, la atribución causal del hecho puede aproximarse a la influencia que tiene la naturaleza de los enlaces químicos característicos de una sustancia. Durante todas las etapas de solución al problema, la

³⁹ LIBES, Antonio. Tratado de física completo y elemental. Tomo segundo. Barcelona, 1821. p. 116.

⁴⁰ DESPRETZ, Cesar. Tratado completo de física. Universidad Complutense. Tercera edición. Tomo I. Madrid, 1844.s.p.

tendencia generalizada es atribuir el hecho a causas de una misma naturaleza (física o química).

E2 propone la siguiente hipótesis antes de realizar el experimento para el vaso con agua: *"Como el agua es pura el aire muchas veces lleva contaminantes que entran al agua y al paso de varios días pueden nacer bichos..."* (1013)...*"porque los zancuditos se reproducen en aguas retenidas y como el aire lleva contaminantes entran en el agua y se pueden dar estos zancudos"* (1029). No atribuye un nexo causal explícito para el hecho. Vaso con alcohol: *"Creo que al alcohol como le agregan tantos químicos...y el aire también lleva contaminantes estos dos se mezclan y puede darse la evaporación porque el frasco se puede calentar y surge la evaporación, ya que como el alcohol tiene químicos es muy rápida la evaporación"* (1042)... *"porque el alcohol y el aire se mezclan y se da más rápido la evaporación"* (1058). Esta hipótesis plantea que durante el proceso de evaporación la mezcla de aire y químicos, presentes en el medio acuoso, da paso a la generación de procesos calóricos que favorece el desarrollo de la evaporación; postulado que teóricamente aproxima a Julián Leroi. Después de realizar el experimento y registrar con su bitácora cambios relacionados con el olor, el color, el volumen y la viscosidad, formula la siguiente hipótesis para el vaso con agua: *"...cada día bajaba muy poco..."* (1595)...*"...porque el agua es pura, casi no tiene contaminantes, entonces se evapora más lento"* (1610). La causa atribuida es la naturaleza del agua, lo cual se aproxima a la influencia que tienen los enlaces químicos o fuerzas de atracción de los átomos en las moléculas en el proceso de la evaporación. Vaso con alcohol: *"bajó mucho..."* (1555)...*"porque el alcohol requiere de cuidado especial para que no se infecte y pierda su olor, seguro las bacterias absorbieron los químicos de éste"* (1568). Aquí lo que se evidencia es una relación con el poder desinfectante del alcohol que parece no tener lugar para la situación planteada.

Antes de realizar el experimento, E3 planteaba la siguiente hipótesis para el vaso con agua: *"...el aire si tiene que ver con lo que le pase al agua y también con su disminución"* (1015)... *"porque el aire va evaporando el agua y la va disminuyendo poco a poco, y también tiene que ver por el sol"* (1031). La explicación evidencia que para E3 la causa de evaporación es el aire a través de un proceso en el cual interviene el calor; hipótesis que aproxima a la teoría de Julián Leroi. Vaso con alcohol: *"si le entra sol o calor el alcohol se va también evaporando más ligero que el agua"* (1045)... *"porque cuando se riega el alcohol en una parte que hay sol de una se seca y se deshace rápidamente"* (1059). La evaporación del líquido en particular solo tiene una causa: el calor; hipótesis que históricamente, según Libes⁴¹, aproxima a la teoría de Deluc para quien durante la evaporación el calor que abandona a los cuerpos inmediatos da a las moléculas acuosas una ligereza que determina su ascenso a la atmósfera. Después de realizar las observaciones en el experimento, registra cambios relacionados –básicamente- con la medida del volumen; proponiendo la siguiente hipótesis, Vaso con agua: *"...al día 5 mermó 3 mm, yo creo que fue porque hizo mucho calor y la hizo evaporar"* (1596)...*"porque si el agua está en una*

⁴¹ LIBES, Op.cit., s.p.

parte fresca no se evapora, en cambio si está en un lugar en donde haga mucho calor el agua como que suda o se evapora, así es como ella disminuye poco a poco, porque no resiste tanto calor y se evapora" (1611). Vaso con alcohol: "los 1ºs días mermó 10 mm, el alcohol iba disminuyendo poco a poco hasta quedar en 3.3 mm (1556)"..."porque el alcohol para conservarse mejor tiene que estar en un lugar fresco porque si está en una parte en donde haya calor y destapado, pues de una empieza a disminuir; porque está compuesto con químicos y como el sol está fuerte entonces se evapora también" (1570). Las hipótesis post experimentales atribuyen la evaporación nuevamente al calor, independiente del líquido a evaporar; persistiendo de tal manera la tendencia hacia la teoría de *Deluc*. Se hace común que las todas las hipótesis planteadas atribuyen el hecho a causas físicas y algo a la composición química.

Antes de realizar el experimento E18 postula las siguientes hipótesis: Vaso con agua: *"porque el agua es pura..." (1660).* La causa de la evaporación es la naturaleza propia del agua, sin que se exprese la relación entre dicha naturaleza con el fenómeno. Vaso con alcohol: *"... debido a tanto aire se seca por estar destapado tanto tiempo" (1054)..."porque debido al frasco del alcohol estar destapado lo seca por estar tantos días así y entrarle tanto aire al frasco" (1068).* La explicación aduce que la causa de la evaporación es de naturaleza física: el aire, hipótesis que históricamente aproxima a la teoría de *Leroi*. Después de registrar cambios durante el experimento relacionados con el volumen de los líquidos; postula las siguientes hipótesis: Vaso con agua: *"al 1º día bajó 1 cm, a los últimos días estaba bajando cm a cm" (1605)..."porque estaba destapado y con el sol pegándole, debido a eso los últimos días estaba bajando mucho más" (1628).* La causa fundamental de la evaporación es el calor, hipótesis que aproxima a la teoría de *Deluc*. Vaso con alcohol: *"...al 5º día ya estaba bajando mucho más debido a tanto químico" (1564)..."porque el alcohol lleva un químico demasiado fuerte el cual hace que en medio de tanto calor el químico que lleva no lo soporte y hace que el calor baje mucho más y se seque" (1588).* La causa de evaporación atribuida es la acción del calor sobre los químicos del alcohol; hipótesis que teóricamente aproxima a *Deluc*. En general, atribuye al hecho causas de diversa naturaleza (física y química) en el caso del alcohol.

Evidencias de lo anterior se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Teorías que los estudiantes usan en las fases pre y posexperimental de la solución del problema 2

PROBLEMA 2 (evaporación)			
FASE PREEXPERIMENTAL			
Vaso con agua			
Categoría teorías	Factor causal del hecho	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Sol	2	E3:1031; "...también tiene que ver por el sol".. E5:995; "...porque en el ambiente en el que está le pueden entrar rayitos de sol y puede ir disminuyendo...". E6:970; "...porque al estar en un lugar fresco sin los rayos del sol, a ninguno de los dos se le secará el líquido que lleva dentro". E6:996 "porque los dos frascos...se encontraron en un lugar fresco y protegido de los rayos del sol que pudieran disminuir los 2 líquidos". E9:975; "...el agua se secaría al sol...". E18:1024; "...lo único que la seca si da directo y caliente demasiado es el sol".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Naturaleza del líquido	1	E2:991; "...como el agua es pura tarda más su evaporación". E9:975; "...de pronto porque el agua es natural...".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	5	E1:1027; "Porque el aire al estar contaminado se va secando el agua; y el aire y el agua se van como juntando...". E3:1031; "porque el aire va evaporando el agua y la va disminuyendo poco a poco...".
Vaso con alcohol			
Categoría	Factor causal del hecho	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto "	sol	3	E5:995; "...porque en el ambiente en el que está le pueden entrar rayitos de sol y puede ir disminuyendo...". E6:970..."porque al estar en un lugar fresco sin los rayos del sol, a ninguno de los dos se le secará el líquido que lleva dentro". E6:996 "porque los dos frascos...se encontraron en un lugar fresco y protegido de los rayos del sol que pudieran disminuir los 2 líquidos". E6:1016; "...ya que el sol disminuye el agua y el alcohol, mientras el aire -en mi concepto- puede mantenerlos estable". E6:1047; "porque al estar destapado y al no estar al sol lo protege de que el líquido se vaya secando". E15:984; "...pero también se podría evaporar por el calor...".

La causa transmite algo de sí misma al efecto	Naturaleza del líquido	5	E1:960; "...el alcohol se va secando...porque...contiene químicos". E1:1040; "...se seca por los químicos...". E2:964; "...como el alcohol tiene muchos químicos su evaporación es más rápida...". E9:975; "...porque de pronto tiene muchos químicos...". E15:1005; "El alcohol se evapora más rápido por los químicos que tiene". E18:1008; "...porque el alcohol es un líquido muy fuerte...se da para que se seque".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	3	E7:1063; "...porque está al aire libre y empieza a surgir efecto y puede variar su olor". E9:975; "...el alcohol se secaría primero que el agua porque al alcohol si uno lo deja mucho tiempo al aire libre se seca y el agua no". E9:1000; "...porque al dejar el alcohol al aire libre obviamente se va a secar...". E9:1064; "porque al dejarlo destapado y al aire libre 7 días se puede secar o tener alcohol pero muy poquito". E18:1054; "...debido a tanto aire se seca por estar destapado tanto tiempo". E18:1068; "porque debido al frasco del alcohol estar destapado lo seca por estar tantos días así y entrarle tanto aire...".
FASE POSEXPERIMENTAL			
Vaso con agua			
Categoría	Factor causal del hecho	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Sol	4	E3:1596; "...porque hizo mucho calor y la hizo evaporar"... "porque si...está en un lugar en donde haga mucho calor"...E3:1611; "...se evapora, así es como ella disminuye poco a poco, porque no resiste tanto calor y se evapora". E6:1675; "...porque procuré de poner los vasos en una parte en donde no les entrara sol pero por un pequeño rotico si les entraba el sol y le daba a todo el vaso de agua y creo que ese sol que le daba fue el que hizo que se fuera secando poquito a poco...". E9:1621; "...el agua que bajó fue porque el sol le daba y se evaporaba...porque el sol calentaba el frasco y producía la evaporación del agua". E18:1628; "...porque estaba destapado y con el sol pegándole, debido a eso los últimos días estaba bajando mucho más".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Naturaleza del líquido	2	E1:1607; "...porque como el agua no tiene químicos ni sustancias...por eso casi no bajaba como el alcohol...". E2:1610; "...porque el agua es pura, casi no tiene contaminantes, entonces se evapora más lento".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	1	E7:1620; "...porque como el vaso estaba destapado entonces le entra aire y bacterias que hacen que el agua se ponga verde y lamosita".

Vaso con alcohol			
Categoría	Factor causal del hecho	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Sol	3	E3:1570; "...porque si está en una parte en donde haya calor y destapado, pues de una empieza a disminuir", "...como el sol está fuerte entonces se evapora también". E6:1575; "...pero sí se evaporaba por lo que el sol era tan fuerte y al evaporarse va disminuyendo...". E18: 1588; "...en medio de tanto calor el químico que lleva no lo soporta y hace que el calor baje mucho más y se seque".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Naturaleza del líquido	6	E1:1566; "...porque el alcohol tiene químicos y por ellos pudo haber pasado lo que pasó y...bajó mucho más que el agua por los químicos". E3:1570; "porque está compuesto con químicos". E5:1573; "...como tiene tantos químicos eso provocó que disminuyera tanto...". E6: 1575: "porque el alcohol es un líquido que contiene muchas sustancias...por ésta razón fue que éste vaso quedó solo con 1 cm...". E9:1581; "...porque tiene muchas mezclas...muchos tratamientos...". E15:1587..."por todos los químicos que son tan fuertes, y al estar destapado tanto tiempo los iba perdiendo e iba disminuyendo...". E18:1564; "...estaba bajando mucho más debido a tanto químico".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	1	E7:1579; "porque el alcohol contiene muchos químicos y al estar destapado podría ponerse blanco porque el aire se lleva sus componentes químicos y se puede dar ese color".

Fuente: Elaboración propia. 2011.

El cuadro 10 muestra la síntesis de las atribuciones causales dadas a la evaporación del agua y el alcohol cuando se exponen al medio ambiente.

Las causas atribuidas a la evaporación del agua y el alcohol son las mismas en la fase preexperimental y posexperimental. La diferencia es que, según lo expuesto por los niños, el agua no se evapora (o se evapora más lentamente) por su propia naturaleza (natural) y el alcohol se evapora por la misma causa: su naturaleza química. En el caso del alcohol las afirmaciones hechas incluyen que el alcohol tiene muchos químicos y que el agua no, por ser natural.

Al igual que en el problema 1 la mayor parte de las teorías usadas son las que se perciben de manera inmediata en tanto hacen parte de las percepciones sensoriales (calor, aire), que son las que naturalmente, se presentan en el contexto de la preparación, la ejecución y la lectura de los experimentos. Sin embargo alrededor de la tercera parte de las explicaciones dadas atribuyen el evento a la naturaleza química, ya sea del alcohol o del agua.

Cuadro 10. Teorías empleadas en la fase preexperimental y posexperimental en la solución del problema 2.

Causa de la evaporación del agua	Pre Exp.	Pos Exp.	Causa de la evaporación del alcohol	Pre Exp.	Pos Exp.
Sol	2	4	Sol	3	3
Naturaleza del líquido	1	2	Naturaleza del líquido	5	6
Aire	5	1	Aire	3	1

Fuente: Elaboración propia. 2011.

El cuadro 10 muestra los factores causales que los estudiantes atribuyen a la evaporación de líquidos de diferente naturaleza (agua y alcohol), antes y después del experimento, y su respectiva cuantificación. Es así como se logra evidenciar que durante el preexperimental las causas principales de la evaporación para los estudiantes son el aire y la naturaleza del líquido - para el agua y el alcohol respectivamente - mientras que en el posexperimental la naturaleza del líquido es la causa más recurrente; cabe recordar que dichas causas se hallan dentro de la categoría de las Teorías Causales relacionada con *“La causa transmite algo de sí mismo al efecto”*.

Problema 3. Efectos de la limitación de recursos y de la capacidad de carga del ambiente.

Se realizan siembras de 5, 25, 50, 100 y 250 fríjoles. Cada siembra se repite usando tres tamaños diferentes de bolsas (pequeña, mediana y grande).

Antes de realizar el experimento, las hipótesis planteadas por E1 con respecto a la siembra de semillas para cada uno de los tamaños en las bolsas (pequeño, mediano y grande) se realizó de la siguiente manera: **Siembra de 5 semillas:** Bolsa pequeña: *“... al paso de 15 días - le podrían ir saliendo como raíces, y como son 5 semillas es más fácil”* (1669)... *“...porque la bolsa pequeña puede estar llena de tierra”*. (1698). La atribución causal de la germinación aproxima al concepto de *resistencia ambiental*, el cual refiere a las restricciones que tiene el crecimiento de una población determinada (Nebel, sin año). Para éste caso, se evidencia una forma de restricción dependiente de la densidad, donde el número de individuos es bajo por cada unidad de área; situación favorable a la capacidad de sostenimiento poblacional; ya que existe alta disponibilidad de recursos limitados como el espacio y los nutrientes. Bolsa mediana: *“...de pronto si le salen raíces pero no a todas las semillas porque son muchas”* (1670)... *“...porque podría estar más o menos con tierra”* (1699). La explicación indica que la germinación de algunas semillas no es posible gracias al alto número de ellas dentro de la situación experimental; tal atribución causal, nuevamente, aproxima al concepto de *resistencia ambiental* dependiente de la densidad y la cantidad de nutrientes disponibles. Bolsa grande: *“...muchas más pocas semillas, porque pueden quedar de pronto todas las semillas juntas, entonces no les crecen raíces a las semillas.”* (1672). *“...porque le queda más aire para que puedan respirar las semillas.”*

(1699). La probabilidad de germinación se relaciona a la resistencia ambiental vinculada con la cantidad de oxígeno disponible. Hipótesis que teóricamente aproxima al reconocimiento de la importancia que tiene la estructura del suelo en la concentración de oxígeno, ya que el suelo posee un sistema de poros interconectados del cual depende la concentración de agua y oxígeno del suelo. **Siembra de 25 semillas:** *"en todas las bolsas puede pasar lo mismo, o sea, puede pasar que en el 1°, 2° o 3° día salgan como unas raíces, pero pequeñas, en cada una de las semillas; después al 13 o 14 día les puede salir florecita"* (1741). *"Porque al estar la bolsa más o menos llena de tierra, no va creciendo tanto la raíz, pero al paso del tiempo sí; incluso a los últimos días le pueden salir florecitas"* (1764). La causa atribuida a la germinación aproxima a la dependencia que tiene el crecimiento poblacional a una forma específica de resistencia ambiental: cantidad de nutrientes disponibles. **Siembra de 50 semillas:** *"Si crecerían porque son poquitas, no como las de 100 ni 250 frijoles, entonces pueden reproducirse, y les pueden salir raíces y el último día florecitas"* (1785)... *"porque las bolsas no son aptas para las plantas, porque las flores se pueden marchitar y podrir"* (1810). La explicación atribuye la germinación solo al número de individuos, obviando nuevamente el área disponible. **Siembra de 100 semillas.** *"le podrían salir raíces y si la bolsa está llena de tierra no le salen florecitas, pero si no tiene tanta tierra es más fácil que puedan respirar, o sea, entrar aire para que puedan reproducirse"* (1831)... *"porque no le entra aire para que las semillas respiren y puedan reproducirse"* (1851). Esta hipótesis desconoce la posibilidad de oxígeno en el suelo. **Siembra de 250 semillas.** *"yo creo que como en la bolsa habían muchas semillas no se podrían reproducir por lo que eran muchas semillas, y si algunas quedaban juntas no tenían como reproducirse, si acaso solo le sale una raíz pero como pequeña"* (1870)... *"porque al estar tan juntas las semillas no se pueden reproducir, pero si estuvieran más separadas, o más poquitas hay si le podrán salir más grandes las raíces, e incluso hasta florecitas"* (1890). La explicación aproxima, una vez más, a la resistencia del ambiente relacionada con el factor densidad. Después de ejecutar el experimento y registrar cambios en su bitácora relacionados con la consistencia de la semilla y el crecimiento gradual de hojas, flores, tallos y raíces durante 15 días; plantea las siguientes hipótesis: **Siembra de 5 semillas. Bolsa pequeña:** *"...iban a ir saliendo raíces, florecitas o semillitas y a ponerse bien bonitas; pero no tenían tanto espacio para expandirse"* (3861). ... *"porque tenía poca tierra y la bolsa era muy pequeña para expandirse más las raíces de las semillas"* (4211). **Bolsa mediana:** *"que le iban a ir saliendo raíces, florecitas o semillitas y a ponerse bien bonitas; y podían expandirse un poco más que en la bolsa pequeña"* (3873)... *"porque algunas semillas no tenían cómo crecer o estaban muy juntas y no sabían cómo"* (4225). En estos dos casos se hace evidente que la causa atribuida a la germinación, y posterior desarrollo de las plántulas, está vinculada a la resistencia ambiental dependiente de la densidad poblacional. Adicionalmente, también se aproxima al concepto de competencia intraespecífica, la cual, según el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie)⁴², se da entre individuos de una misma especie y es causada por una alta densidad de individuos dentro de una población que regula su tamaño en fases iniciales de desarrollo. **Bolsa grande:** *"que le iban a ir*

⁴² CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Costa Rica, 2001. p. 6.

saliendo raíces, florecitas o semillitas, y como la bolsa era más grande se podían expandir más las semillas"(3883)... "porque las semillas de pronto estaban muy juntas o por el clima que estaba cayendo o les daba" (4238). Esta explicación atribuye la posibilidad de germinación a la resistencia ambiental vinculada a dos elementos: la densidad y el clima. Además, parece intuir como la capacidad de sostenimiento de una población, puede ser afectada por otros factores como el clima. **Siembra de 25 semillas:** Bolsa pequeña: "que le iban a ir saliendo raicitas, pero del 3° y 6° día hasta el 10° le podrían ir saliendo florecitas, pero poquitas" (3892)... "de pronto fue porque el clima le caía bien a algunas semillas y crecieron muy bien y otras no" (4250). La germinación y desarrollo de plántulas nuevamente se atribuye al clima como factor no densodependiente que influye de forma notoria en la natalidad o mortalidad de una población. Bolsa mediana: "que del 3° al 6° día le pueden ir saliendo raicitas, luego del 10° al 13° día le pueden ir saliendo semillitas y florecitas" (3903)... "porque a la bolsa le daba mucho sol y las cuidábamos mucho, cada vez le echábamos agua" (4262). La explicación hace evidente que la germinación y desarrollo de plántulas se atribuye al clima y a la humedad. Aproximación teórica a la relación que se establece entre la capacidad de sostenimiento poblacional y factores de índole densodependientes y densoindependientes. (1 o 2). Bolsa grande: "...saliendo raíces..." (3915)... "porque de pronto hay muchas juntas y no tienen cómo crecer y puede que crezcan pocas semillas en éste caso" (4274). La baja germinación obedece a un factor de índole densodependiente. **Siembra de 50 semillas:** Bolsa pequeña: "...saliendo raicitas, pero poquitas, y como al último día le podrían ir saliendo florecitas" (3924)... "porque crecieron muchas raíces y pocas semillas, y eran muchas y se rompía un poco la bolsa" (4286). Bolsa mediana: "...saliendo raicitas poquitas y como la bolsa es más grandecita que la bolsa pequeña, entonces podrían expandir y salir" (3934)... "porque como eran más o menos poquitas y algunas crecieron más bonitas". (4298). Bolsa grande: "...saliendo raicitas pero poquitas, y la bolsa como es más grande y se pueden expandir mejor las semillas" (3945)... "porque tenían más espacio para reproducirse y crecer más bonita" (4109). El nivel de germinación es atribuido a un solo factor: la densidad. De tal manera, la forma aproximada de resistencia ambiental parece tener relación con la competencia intraespecífica. **Siembra de 100 semillas:** Bolsa pequeña: "...como la bolsa en tan pequeña, no se pueden expandir bien y si acaso le saldrían raicitas"(3956)... "porque la bolsa como es tan pequeña las semillas no tenían cómo expandirse y poca tierra" (4118). Bolsa mediana: "...como la bolsa es mediana puede que le crezca raíz, porque se pueden expandir mejor las raíces" (3966)... "porque la bolsa es mediana y no se pude reproducir bien" (4128). Bolsa grande: "...como la bolsa es grande, la raíz se puede expandir y en todas no pueden salir raíces" (3976)... "porque la bolsa es grande y tenía más tierra y podía crecer mejor" (4139). En ésta siembra, la posibilidad de germinación es atribuida a factores densodependientes, como son la densidad y la disponibilidad de nutrientes. **Siembra de 250 semillas.** Bolsa pequeña: "como la bolsa es tan pequeña, no le podría salir ni siquiera raíz" (3987)... "porque como la bolsa era tan pequeña y muchas semillas no tenían cómo reproducirse" (4150). Bolsa mediana: "le podrían ir saliendo algunas semillas y raicitas; pero no a todas" (3998)... "porque como la bolsa era mediana no tendría capacidad de reproducirse casi, pero irán saliendo algunas semillas y raíces" (4163). Bolsa grande: "como la bolsa es grande podrían salir más fácil raicitas" (4006)... "porque como la bolsa es

grande se podrían reproducir algunas, pero como son muchas semillas no saldrían todas las raíces" (4172). Nuevamente, la posibilidad de germinación para ésta siempre es atribuida netamente a factor de tipo densodependiente.

E2 propone las siguientes hipótesis antes de realizar el experimento: **Siembra de 5 semillas:** Bolsa pequeña: *"podría suceder que por alguna razón cualquiera se pudran los frijoles por la bolsa tan pequeña y con la tierra se acaban de dañar más los frijoles"* (1673). *"...porque no tiene tanto aire y además el agua de pronto acaba de empeorar los frijoles"* (1700). La germinación depende de la resistencia ambiental vinculada a la cantidad de tres factores: agua, oxígeno y suelo. Bolsa mediana: *"...podrían retoñar algunos frijoles pero otros se podrían secar, empezarle a salir gorgojos u otros bichos, porque retoñarían unos si y otros no, pues tienen un poco más de espacio para respirar"* (1675). *"...aunque tiene un poco más de espacio, no es tan suficiente para que retoñen todos los frijoles, retoñarían 1, 2 o 3, el resto se secan o se pudren"* (1701). Bolsa grande: *"...creo que si retoñarían unos porque tienen más aire y espacio en la bolsa"* (1677). *"...tampoco hay espacio para que retoñen los 5 frijoles, pueden secarse 1 o 2 frijoles"* (1703). Tanto en la bolsa mediana como grande la germinación depende de la resistencia ambiental vinculada a la densidad y la cantidad de oxígeno. **Siembra de 25 semillas:** Bolsa pequeña: *"...unos se pudrirían y otros no, porque la bolsa es un poquito más grande, pero no tanto como para retoñar todos los frijoles"*. (1743). *"...porque son muchos frijoles para ésta bolsita se podrían secar todos"* (1766). Bolsa mediana: *"...retoñaría uno que otro y el resto se podría secar por la bolsa más o menos grande"* (1744). *"...retoñarían pero muy poquitos porque la bolsa no es suficientemente grande para todos éstos frijoles"* (1767). La germinación en la bolsa pequeña y mediana de ésta siembra depende netamente de la densidad poblacional. Bolsa grande: *"...retoñarían poquitos, porque ya son muchos frijoles para que la bolsa pueda aguantar tanto aire retenido, entonces, esto entra ya en estado de descomposición y se podrían marchitar los retoñitos"* (1745). *"...retoñarían, pero muy pocos porque la bolsa es grande, pero absorbe más oxígeno de la tierra y todo esto se acumula y puede entrar en estado de descomposición"* (1768). La explicación teóricamente aproxima al concepto de competencia interespecífica poblacional, dadas condiciones de resistencia ambiental por factores densodependientes (como el oxígeno), que - según CATIE⁴³ - tienen la capacidad de regular el tamaño poblacional, más aún en las fases iniciales de desarrollo. **Siembra de 50 semillas.** Bolsa pequeña: *"...por tantos frijoles se descomponen todos, por el tamaño de la bolsa"* (1786). *"porque...no tiene suficiente espacio para todos los frijoles"* (1811). Bolsa mediana: *"...también se descomponen porque son muchos frijoles, y la bolsa no es apta"* (1787). *"...es un poco más grande pero no retoñarían todos"* (1812). En estas dos bolsas la germinación depende de la densidad poblacional básicamente. Bolsa grande: *"...retoñarían la mayoría y los otros podían quedar intactos"* (1788). **Siembra de 100 semillas.** Bolsa pequeña: *"en la bolsa si que menos crecen y se pudrirían todos y se secarían en la bolsa"* (1833)...*"...porque no tiene espacio para las 100 semillas"* (1853). Bolsa mediana: *"...retoñarían pocos porque son demasiados frijoles y la bolsa no es apta para todos ellos"* (1834)...*"tiene un poco más de espacio pero no tanto"* (1853). En estas dos

⁴³ Ibid., p.65.

bolsas la germinación depende únicamente de la densidad poblacional. En la grande: "...retoñarían muchos y otros no, porque la bolsa es un poquito apta ellos y podrían retoñar, o de pronto no" (1835)... **Siembra de 250 semillas.** Bolsa pequeña: "...por su tamaño se pudren todos, pues no hay espacio y la bolsa es muy gruesa" (1872). La bolsa mediana: "...no tiene suficiente espacio para todos los frijoles"(1873). La bolsa grande: "...ya son muchos para su tamaño, y si retoñan se podrían secar las hojas y marchitarse" (1874)... "esto sucedería porque son mucho frijoles para las 3 bolsas y no tienen suficiente espacio" (1892). En los tres tamaños disponibles de bolsas, la germinación depende de la resistencia ambiental vinculada únicamente a la densidad poblacional. Después de ejecutar el experimento y registrar cambios en su bitácora relacionados con la consistencia de la semilla y el crecimiento gradual de hojas, flores, tallos y raíces durante 15 días; plantea las siguientes hipótesis. **Siembra de 5 semillas.** Bolsa pequeña: "la bolsa debido a que es tan pequeña podría crecer alguna o toda" (3862)"..."porque todas necesitaban espacio, pero no había para todas porque son demasiadas" (4212). Bolsa mediana: "...algunas crecerían pero no con muchos nutrientes y otras no, porque la bolsa es más grande con más espacio" (3874)"..."muchas no crecían pero otras si porque eran más fuertes y con más nutrientes" (4226). Bolsa grande: "...todas crecerían porque es una bolsa grande para 5 semillas y debido a esto tienen más espacio para desarrollarse" (3884)"..."algunas crecieron demasiado grandes porque había más espacio para todas" (4239). En las bolsas pequeña y grande, la posibilidad de germinación depende de la resistencia ambiental vinculada básicamente a la densidad poblacional; en cambio para la bolsa mediana, la germinación de las semillas depende tanto de la densidad poblacional como de la disponibilidad de nutrientes. **Siembra de 25 semillas:** Bolsa pequeña: "no crecerían porque la bolsa es pequeña para 25 semillas, entonces se desarrollan demasiado lento" (3894)"..."ya eran muchas semillas y no había espacio para todas, por lo misma muchas crecieron muy pequeñas" (4251). Bolsa mediana: "la bolsa no es adecuada porque son demasiadas semillas, pero en éste caso crecieron más que en la de 5 semillas" (3905)"..."muchas de éstas crecen pero muy pequeñas porque no había espacio para todas" (4263). Bolsa grande: "crecerían unas más porque hay más espacio para desarrollarse" (3916)"..."la mayoría creció porque había más espacio para todas poder desarrollarse" (4276). En los tres tamaños de bolsas, tanto la germinación como el desarrollo de las plántulas dependen de la resistencia ambiental vinculada específicamente a la densidad poblacional. **Siembra de 50 semillas:** Bolsa pequeña: "si ésta pelecharan lo harían con pocos nutrientes y se marchitarían al poco tiempo de haber crecido" (3925)"..."ya espacio no había para todas y por eso casi no crecían porque no podían subir a la superficie" (4287). Bolsa mediana: "sí tendrían un poquito de espacio para crecer unas pocas, pero se podrían marchitar "(3936)"..."en momentos las que crecían se ponían descoloridas pero unas partes nada más" (4299). Bolsa grande: "crecerían unas pocas con pocos nutrientes y se marchitarían" (3946)"..."Unas crecieron más que otras porque la bolsa no tiene suficiente espacio para todas" (4309). En la bolsa pequeña y mediana, la posibilidad de germinación depende de la resistencia ambiental vinculada básicamente a la densidad poblacional; en cambio para la bolsa grande, la germinación de las semillas depende tanto de la densidad poblacional como de la disponibilidad de nutrientes. **Siembra de 100 semillas.** Bolsa pequeña: "crecerían 1 o 2 y muy fuertes, porque si éstas fueron las únicas que crecieron les robaron los nutrientes a las demás" (3957)"..."todas al igual no

crecerán por la misma razón de los nutrientes, porque con ellos sobreviven" (4119). Bolsa mediana: "no crecerían muchas, pero si lo hicieran crecerían muy fuertes, porque éstas también les robaron los nutrientes a las otras" (3967)... "casi no crecerían todas o algunas crecerían débiles porque para todas no hay nutrientes" (4128). Bolsa grande: "crecerían unas cuantas porque todas no pueden crecer, ya que es poco espacio para las 100 semillas" (3977)... "tendrían un poco más de espacio, para crecer unas más que otras" (4140). La posibilidad de geminar en las bolsas pequeña y mediana depende de la resistencia ambiental vinculada básicamente a un factor densodependiente: la disponibilidad de nutrientes; aproximando su hipótesis, al concepto de competencia. **Siembra de 250 semillas**: Bolsa pequeña: "éstas se tardarían mucho al crecer porque son demasiadas, y si se tienen que desarrollar éste proceso se demoraría" (3987)... "ya sí que son más semillas, entonces solo crecerán 1 o 2; pero se tardarían mucho al crecer y si siguen creciendo serían débiles y se marchitarían" (4151). Bolsa mediana: "no crecerían porque todas las semillas necesitarían nutrientes para crecer sanas y fuertes" (3999)... "se tardarían en crecer" (4164). Bolsa grande: "todas necesitan espacio y no crecerían porque aumentó el número de semillas" (4007)... "ya tiene un poco más de espacio pero cada vez aumenta más la cifra de semillas, entonces crecerán más pocas" (4174). En la bolsa pequeña y mediana, la germinación depende de la resistencia ambiental vinculada básicamente a la densidad poblacional. En la bolsa mediana, la germinación depende de otro factor densodependiente; la disponibilidad de nutrientes.

Cabe anotar que el hecho de que en este problema se encontraran más de una variable dependiente dio lugar a que se en algunos estudiantes se presentaran relaciones en las que la variable dependiente fue la causa de los cambios observados.

El cuadro 11 permite observar las causas que, en la fase preexperimental y posexperimental, expresan los estudiantes una vez concluida la observación de la germinación de las semillas en las diferentes bolsas.

Cuadro 11. Teorías que los estudiantes usan en las fases preexperimental y posexperimental del problema 3.

PROBLEMA 3 (germinación)			
FASE PREEXPERIMENTAL			
Siembra de 5 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Tierra	1	E1:1698; "...porque la bolsa pequeña puede estar llena de tierra"

un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Tierra y agua	1	E9:1686; "...porque al dejar una semilla en tierra bien buena va a crecer, y...están pendientes de echarle el agua...a la semilla le va a crecer una pequeña matica y raíces"
un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Aire	1	E2:1700; "...porque no tiene tanto aire y además el agua de pronto acaba de empeorar los frijoles"
Bolsa mediana			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Cantidad de semillas	1	E1:1670; "...de pronto si le salen raíces pero no a todas las semillas porque son muchas..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2:1675; "...porque retoñarían unos si y otros no, pues tienen un poco más de espacio para respirar". E2:1701; "...aunque tiene un poco más de espacio, no es tan suficiente para que retoñen todos los frijoles..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Tierra	1	E1:1672; ".....muchas más pocas semillas, porque pueden quedar de pronto todas las semillas juntas, entonces no les crecen raíces a las semillas..."
Bolsa grande			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	2	E1:1699; "...porque le queda más aire para que puedan respirar las semillas.". E2:1677; "...creo que si retoñarían unos porque tienen más aire y espacio en la bolsa".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire y Espacio	2	E2:1677; "...creo que si retoñarían unos porque tienen más aire y espacio en la bolsa". E2:1703; "...tampoco hay espacio para que retoñen los 5 frijoles..."). E3:1680; "...crece más porque la bolsa es muy grande y tiene más espacio para ella crecer".
Explicación sin discriminación por bolsas			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Animales ("bichos")	1	E5:1681; "...la bolsa pequeña se llenaría de animalitos, al igual que la grande y la mediana; y a medida que pasa el tiempo iría formando una planta de frijol". E5:1706; "porque...los bichos creo que son los que hace crecer la semilla..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Agua	1	E6:1683; "...al estar regando con agua las semillas podrán germinar demasiado rápido y la semilla quedará convertida en una hermosa planta que después dará fruto"
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Tierra	2	E7:1685; "Las semillas germinan porque al estar en tierra han de crecer. E15:1693 ; "...si a la bolsa pequeña le echan una tierra, a la mediana y a la grande otra podría ser que las semillas de una bolsa crezcan más rápido y más grandes que las otras"

La causa transmite algo de sí misma al efecto	Número de semillas y espacio	1	E18:1731; "...crecen más rápido las matas que tienen más semillas y las de pocas semillas tienen un crecimiento lento porque las semillas están distanciadas; en cambio las otras de más semillas, debido a su estrechura se reproducen más rápido"
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E3:1704; " porque la bolsa pequeña no tiene mucho espacio para el frijol crecer; las bolsas mediana y grande tienen un poco más de espacio para el frijol..."
Siembra de 25 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Número de semillas	1	E2:1766; "...porque son muchos frijoles para ésta bolsita se podrían secar todos"
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2: 1743; "...unos se pudrirían y otros no, porque la bolsa es un poquito más grande, pero no tanto como para retoñar todos los frijoles"
Bolsa mediana			
La causa transmite algo de sí misma al efecto "	Espacio	1	E2:1744; "...retoñaría uno que otro y el resto se podría secar por la bolsa más o menos grande". E2:1767; "...retoñarían pero muy poquitos porque la bolsa no es suficientemente grande para todos éstos frijoles".
Bolsa grande			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Número de semillas	1	E2:1745; "...retoñarían poquitos, porque ya son muchos frijoles..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2:1768; "...retoñarían, pero muy pocos porque la bolsa es grande..."
Explicación sin discriminación por bolsas			
un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	2	E3:1770; "porque son muchos frijoles y no hay suficiente espacio para ellos vivir". E5:1750; "...se iría formando una semilla grandecita; claro, siempre y cuando tenga adentro tierra negrita y buena"
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Número de semillas	2	E6:1752; "...las bolsas de 5 y 25 semillas pueden estar germinando en muy pocos días, porque los frijoles son muy pocos y tienen más facilidad para germinar". E15:1781; "puede ser que crezcan más rápido por la diferente tierra que les puedan echar...". E15:1781; "puede ser que en la bolsa de 5 semillas crezcan menos y más lento que la de 25 semillas por la

			<i>cantidad. Lo mismo que la de 25 semillas crece más lento que la bolsa de 50 semillas"</i>
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta "	Tierra	2	E1:1764; "...en todas las bolsas puede pasar lo mismo...porque al estar la bolsa más o menos llena de tierra, no va creciendo tanto la raíz...". E9: 1776; "porque si la tierra está en un buen estado y es adecuada, la semilla va a reproducir; pero si está en una tierra no adecuada...se secaría".
Siembra de 50 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2:1811; "porque...no tiene suficiente espacio para todos los frijoles".
Bolsa mediana			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Número de semillas	1	E2:1787; "...se descomponen porque son muchos frijoles...".
Bolsa grande			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	1	E2:1813; "acumula aire y no puede expulsarlo y se podría descomponer...".
Explicación sin discriminación por bolsas			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	4	E3:1789; "...las semillas que reviven ya están más o menos grandes, aunque las bolsas no tengan suficiente espacio para ellos...". E7:1796; "...pueden crecer porque no quedan tan apeñuscadas...". E15:1803; "....aunque puede que por el espacio tan pequeño de las bolsas retoñen lentamente" E18:1827; "porque en la bolsa pequeña y mediana no hay tanto espacio, en cambio en la grande las semillas tienen por donde reproducirse".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Tierra	3	E3:1814; "porque ellas para crecer necesitan una buena tierra para vivir...". E9:1798; "...1º tendría que estar en una buena tierra, que sea adecuada...quizás salgan muchas raíces". E15:1826; "...por la tierra que le echen, si le echan una tierra con abono retoñará muy lento".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Agua	1	E5:1816; "...el agua se disolvería, remojaría las plantas y eso sería lo que las hace crecer".

La causa transmite algo de sí misma al efecto	Número de semillas	2	E1:1794; "Si crecerían porque son poquitas...". E6:1896; "...por ser tantas tienen menos capacidad...".
Siembra de 100 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2:1853: "...porque no tiene espacio para las 100 semillas".
Bolsa mediana			
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E2:1834; "...retoñarían pocos porque son demasiados frijoles y la bolsa no es apta para todos ellos".
Bolsa grande			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2:1835; "...retoñarían muchos y otros no, porque la bolsa es un poquito apta ellos y podrían retoñar, o de pronto no".
Explicación sin discriminación por bolsas			
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Agua y tierra	1	E3:1854; "porque si uno no las está regando a diario, ellas se pueden morir porque necesitan agua y buena tierra para crecer...".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Agua	1	E5:1837; "...y todos los días se les echa agua, se iría formando una planta mucho más grande".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Número de semillas	1	E6:1857; "...porque cada bolsa, no importa su tamaño, posee muchas semillas y no tiene casi capacidad para germinar; puede demorarse mucho, o puede que no...se van a demorar más que las de menor semillas".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E7:1841 "los frijoles en una bolsa tan pequeña ya son muchos, en la bolsa mediana todavía quedarían un poco apretadas y en la grande no quedarían tan apañuscadas". E7:1860..."Porque 100 frijoles son muchos para la pequeña. Para la mediana son así precisos. Para la grande son apenas".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio	3	E9:1861; "...tal vez unas semillas se mueran porque al no haber espacio para ellas crecer, tal vez no se reproduzcan, se sequen o se pudran...". E15:1846; "...unas van a estar pegadas con otras y no retoñan....". E18:1866; "...a tan poquito espacio de la bolsa

			<i>pequeña y mediana algunas matas no crecen...se marchitan; en cambio a la otra grande si le salen las semillas buenas y grandes".</i>
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Aire	1	E1:1831; "...pero si no tiene tanta tierra es más fácil que puedan respirar, o sea, entrar aire para que puedan reproducirse". E1:1851; "porque no le entra aire para que las semillas respiren y puedan reproducirse".
Siembra de 250 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2:1872; "...por su tamaño se pudren todos, pues no hay espacio...".
Bolsa mediana			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E2:1873; "...no tiene suficiente espacio para todos los frijoles".
Bolsa grande			
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E2:1892; "esto sucedería porque son mucho frijoles para las 3 bolsas y no tienen suficiente espacio".
Explicación sin discriminación por bolsas			
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Agua y tierra	1	E5:1894; "porque son regadas todos los días, tienen más granos y suficiente tierra y se dejan durante tanto tiempo la semilla saldría bien".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	3	E7:1882; "...quedan muy estrechas en la bolsa pequeña y mediana, en la grande también podrían quedar un poquito estrechas". E7:1898; "porque 250 granos son demasiados, ni en la bolsa pequeña ni mediada nacerán, pero en la bolsa grande si nacerán todos". E9:1889; "porque al tener tantas semillas la bolsa, y al no tener las semillas espacio suficiente para crecer, se pudren o se mueren...". E18:1903; "...porque no hay mucho espacio para que crezcan bien las semillas y otras si crezcan muy bien".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Cantidad de semillas	2	E1:1870; "...como en la bolsa habían muchas semillas no se podrían reproducir por lo que eran muchas semillas...". E6:1896; "porque las semillas son demasiadas y mucha dificultad tienen para germinar, porque quedan muy juntas y la tierra va a hacer que las

			<i>semillas queden muy juntas, y éstas bolsas (no importa el tamaño) sino la cantidad de semillas".</i>
FASE POSEXPERIMENTAL			
Siembra de 5 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
<i>Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta</i>	Tierra y espacio	1	E1:4211 <i>"porque tenía poca tierra y la bolsa era muy pequeña para expandirse más las raíces de las semillas"</i>
<i>Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta</i>	Espacio, sol y agua	1	E18:4224; <i>"germinarían muy rápido porque la bolsa es muy pequeña y debido a tanto sol y agua no se aguantarían y crecerían"</i>
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Espacio	2	E3:4213; <i>"...iban a crecer porque la bolsa tiene suficientes espacio para ellos".</i> E7:4218; <i>"las semillas pueden germinar más fácil porque la bolsa no es tan pequeña para quedar apeñuscadas".</i>
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Tierra	1	E15:4222; <i>"...depende de la tierra, si echan tierra diferente en las bolsas, no crecerán lo mismo"</i>
Bolsa mediana			
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Espacio	3	E1:4225; <i>"porque algunas semillas no tenían cómo crecer o estaban muy juntas y no sabían cómo".</i> E3:4227; <i>"...porque la bolsa les permitía crecer".</i> E9:4233; <i>"todas no iban a crecer y unas se iban a morir por la bolsa ser mediana".</i>
<i>Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta</i>	Espacio y numero de semillas (densidad)	1	E15:4236; <i>"pensaba que iban a crecer poquitas por el espacio, ya que son muchas"</i>
Bolsa grande			
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Espacio	1	E3:4220; <i>"...yo suponía que en ésta bolsa fueron los que más grandes quedaron "</i>
<i>Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta</i>	Espacio y clima	2	E1:4238; <i>"porque las semillas de pronto estaban muy juntas o por el clima que estaba cayendo o les daba".</i> E18:4248; <i>"se van a demorar para crecer porque la bolsa es muy grande y no les va a entrar mucho sol"</i>

Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Tierra	2	E9:4245; "pensé que iba a ser diferente, si le echaban otra tierra". E15:4247; "pensé que iba a ser diferente, si le echaban otra tierra"
Siembra de 25 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio	1	E9:4256; "algunas se murieron porque no tenían el espacio suficiente para crecer..."
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E18:4260; "...ya las semillas eran muchas para una bolsa tan pequeña..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Clima	1	E1:4250; "...porque el clima le caía bien a algunas semillas y crecieron muy bien y otras no".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Tierra	1	E7:4255; "porque la tierra era fértil entonces crecieron demasiado grandes..."
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Nutrientes	1	E3:4252; "no salieron todas, pero las que alcanzaron a salir absorbieron los nutrientes de los otros".
Bolsa mediana			
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Aire	1	E7:4268; "porque el aire le ayuda a los frijoles a germinar y durante 15 días pueden estar más fértiles".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio	1	E18:4273; "...algunas germinaron porque estaban algunas muy estrechas..."
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Agua	1	E6:4267; "...porque al estar echándoles agua ellas germinaron..."
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y tierra	1	E9:4269; "crecieron porque tenían un espacio un poquito más grande y porque las semillas después de estar en la tierra se ponen blanditas como para salir".

Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Tierra y fertilidad de la semilla	1	E15:4271; "...se demoró para retoñar porque la tierra no era apta para que la semilla retoñara o la semilla era fértil".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Sol y agua	1	E1:4262 "porque a la bolsa le daba mucho sol y...le echábamos agua".
Bolsa grande			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	5	E1:4274; "...porque de pronto hay muchas juntas y no tienen cómo crecer y puede que crezcan pocas semillas...". E5:4278; "...salieron torcidos porque la bolsa era angosta y no les daba capacidad para distribuirse". E6:4242; "porque tendrían más espacio". E7:4280; "porque como la bolsa tiene más espacio...". E9:4282; "salieron la mayoría porque la bolsa estaba más grande y con mucho espacio".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E18:4284; "porque son muy poquitas semillas para que germinen en una bolsa tan grande".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Fertilidad de la semilla	1	E15:4283; "retoñó solo 1 planta, tal vez porque las otras no eran fértiles...".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Humedad	1	E5:4265; "...fue por el lugar en el que estaban ubicados porque si estaba en donde les entraba mucho sol, las plantas se marchitarían".
Siembra de 50 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Número de semillas y espacio (densidad)	1	E6:4290; "porque la bolsa era muy pequeña para tantas semillas y no había mucha capacidad...".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Sol	1	E18:4297; "porque a algunas todavía no les entraba el sol suficiente...".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio, capacidad de la semilla	2	E5:4287; "no alcanzarían a salir todas, porque no tienen capacidad para salir". E9:4293; "...crecieron todas porque las semillas están bien sembradas, pero también porque tienen un buen espacio".

La causa transmite algo de sí misma al efecto	Aire	1	E7:4291; "porque el agua que le regamos las hizo crecer más fértiles..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Fertilidad de las semillas	1	E15:4295; "...no nacieron más porque de pronto las otras semillas eran infértiles..."
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Número de semillas	1	E1:4286; "porque crecieron muchas raíces y pocas semillas, y eran muchas..."
Bolsa mediana			
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Espacio	1	E7:4303; "se vieron apeñuscados porque como tienen espacio, entonces terminó con hojas y tallos grandes".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Agua	1	E3:4264; "crecieron muy bien porque las regábamos todos los días..."
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Número de semillas y espacio (densidad)	2	E5:4299; "porque los frijoles eran muchos y la bolsa era muy pequeña". E6:4302; "algunas plantas salieron porque los frijoles eran muchos y la bolsa era muy pequeña".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Número de semillas	1	E1:4298; "porque como eran más o menos poquitas y algunas crecieron más bonitas".
Bolsa grande			
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y cantidad de semillas	5	E1:4109; "...porque tenían más espacio para reproducirse y crecer más bonita". E3:4276; "...tuvieron un buen crecimiento porque ésta bolsa es la más grande y les permite nacer a muchas semillas". E5:4309; "porque como la bolsa era grande pudieron salir". E7:4312; "porque como la bolsa era grande pudieron salir". E9:4312; "crecieron casi todas, porque la bolsa tenía más espacio que las otras".
Siembra de 100 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Número de semillas y espacio (densidad)	2	E6:4322; "...porque la bolsa no tenía capacidad para tanta semillas...". E18:4328; "...crecieron porque era muy poquito espacio para tantas semillas..."

Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio Y cantidad de semillas	3	E2:4212; "porque todas necesitaban espacio, pero no había para todas porque son demasiadas". E3:4320; "...murieron unos porque no había casi espacio para que sobrevivieran al menos la mitad". E9:4324; "...no crecieron todas porque les faltó mucho espacio..."
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y tierra	1	E1:4118; "...porque la bolsa como es tan pequeña las semillas no tenían cómo expandirse y poca tierra".
Bolsa mediana			
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Nutrientes	1	E2:4226; "muchas no crecían pero otras sí porque eran más fuertes y con más nutrientes".
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Número de semillas	2	E3:4331; "existió un disparate crecimiento porque eran muchas semillas y nacían unas primero". E18:4339; "porque eran muchas y la mayoría estaban casi germinadas..."
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Espacio	5	E1:4128; "...porque la bolsa es mediana y no se pude reproducir bien". E2:3874; "...porque la bolsa es más grande con más espacio". E5:4332; "como la bolsa era muy pequeña y las raíces no podían crecer mucho". E6:4333; "...porque ésta bolsa con las semillas las trasladamos a otra bolsa mediana, igual pero un poco más ancha...". E9:4335; "tampoco crecieron todas por el espacio..."
Bolsa grande			
La causa transmite algo de si mismo al efecto	Sol	1	E18:4349; "germinaron solo 4 porque no les entró el suficiente sol para germinar".
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Espacio	3	E2:4239; "...algunas crecieron demasiado grandes porque había más espacio para todas". E6:4344; "porque en esta bolsa había más capacidad para que las semillas germinaran por lo que la bolsa era tan grande y con mucho más espacio que las demás". E9:4346; "crecieron todas porque estaban en una bolsa grande, las que no crecieron fue porque...no tenían el espacio suficiente".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y tierra	1	E1:4139; "porque la bolsa es grande y tenía más tierra y podía crecer mejor".

Siembra de 250 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Tierra	1	E6:4354; "...en ésta bolsa ayuda demasiado la tierra que le eché porque como que tenía más capacidad por la tierra".
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Número de semillas	2	E2:3987; "éstas se tardarían mucho al crecer porque son demasiadas...". E18:4359; "porque ya eran muchas semillas...".
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Espacio	3	E1:4150; "porque como la bolsa era tan pequeña y muchas semillas no tenían cómo reproducirse". E3:4352; "porque para tantas semillas se necesita mucho espacio, sino se mueren". E9:4356; "no crecieron porque no tenían el espacio suficiente...".
Bolsa mediana			
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Nutrientes	1	E2:3999; "no crecerían porque todas las semillas necesitarían nutrientes para crecer sanas y fuertes".
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Número de semillas	1	E9:4366; "...no creció la mayoría porque tenía muchas semillas para una sola bolsa...".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Fertilidad de la semilla y tierra	1	E15:4369; "...al principio fue muy lento para salir, de pronto porque la semilla no era fértil, la tierra no era apta para que la semilla retoñara".
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Espacio	3	E1:4163; "...porque como la bolsa era mediana no tendría capacidad de reproducirse casi, pero irán saliendo algunas semillas y raíces". E3:4363; "hubo algunas que ni alcanzaron a vivir porque hacía falta espacio para ellas crecer". E5:4375; "las raíces crecieron porque la bolsa era amplia y les dio la capacidad para reproducirse".
Bolsa grande			
La causa transmite algo de sí mismo al efecto	Espacio	1	E9:4378; "no crecieron todas las semillas porque quedaban apeñuscadas".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Tierra	1	E15:4379; "solo retoñaron 4 porque de pronto la tierra no tenía vitaminas para que la semilla pudiera retoñar".

Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	3	E1:4172; "...porque como la bolsa es grande se podrían reproducir algunas, pero como son muchas semillas no saldrían todas las raíces". E2:4174; "...ya tiene un poco más de espacio pero cada vez aumenta más la cifra de semillas, entonces crecerán más pocas". E3:4364; "siempre murieron muchos frijoles porque para tantas semillas se necesita mucho espacio"
---	---	---	--

Fuente: Elaboración propia. 2011.

Una síntesis de estos hallazgos, según causa de la germinación o no germinación en las dos fases se observa en el cuadro 12.

En la fase preexperimental los estudiantes que plantean sus hipótesis acerca de lo que sucede con las diferentes cantidades de semilla y diferentes tamaños de bolsa, lo que más señalan como factor relacionado con la germinación es el espacio (tamaño de la bolsa). Esa tendencia continúa en la fase posexperimental. Le sigue en orden de frecuencia el número de semillas; la relación entre el número de semillas y el espacio y la relación con la cantidad o calidad de la tierra. La relación entre el número de semillas y el espacio se incrementa una vez finalizado y registrado el experimento. Se reconoce aquí que la germinación de los frijoles puede tener más de una causa distinta y que hay relación entre dichas causas.

Cuadro 12. Teorías empleadas en la fase preexperimental y posexperimental en la solución del problema 3.

Causa del desarrollo de semillas y plantas	Pre Exp.	Causa del desarrollo de semillas y plantas	Pos Exp.
Tierra	9	Tierra	6
Tierra y agua	3	Tierra y espacio	4
Aire	5	Aire	1
Número de semillas	12	Número de semillas	7
Espacio	17	Espacio	39
Aire y espacio	2	Espacio y clima	2
Animales ("bichos")	1	Clima	1
Agua	3	Agua	3
Número de semillas y espacio	8	Número de semillas y espacio	11
		Nutrientes	3
		Humedad	1
		Sol	2
		Fertilidad de las semillas	2
		Fertilidad de las semillas y tierra	1
		Sol y agua	1
		Espacio, sol y agua	1

Fuente: Elaboración propia. 2011.

El cuadro 12 muestra los factores causales que los estudiantes atribuyen al desarrollo de semillas y plantas de frijol, antes y después del experimento, y su respectiva cuantificación. Es así como se logra evidenciar que el “espacio” es la causa con mayor número de atribuciones, durante el preexperimental y posexperimental, 17 y 39 estudiantes respectivamente lo consideran principal causa del hecho - cabe recordar que dicho factor causal se halla dentro de la categoría de las Teorías Causales relacionada con *“La causa transmite algo de sí mismo al efecto”*. Adicionalmente, es notorio que el número de factores causales es mayor durante la fase posexperimental, incrementándose también la existencia de la teoría causal relacionada con *“Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta”*.

Problema 4. Efectos de la levadura en la descomposición de los alimentos

Durante 5 días se introducen 2 rebanadas de plátano en bolsas diferentes cerradas herméticamente.

Previo a la ejecución del plan, E1 postula como hipótesis con respecto a la rebanada de plátano sin hongo (control): *“...puede estar baboso y lamoso, y de pronto se puede como podrir” (4465)...“...porque a la cáscara de plátano no le entraba aire, entonces por eso su cáscara era lamosa y babosa” (4482)*. La hipótesis muestra que la descomposición de la materia orgánica está vinculada a la ausencia de aire; explicación que levemente aproxima a *Spallanzani* quien aproximadamente en 1761 señala la existencia de *“animalitos microscópicos”* sin la necesidad de aire para vivir. No por ello, la hipótesis de E1 reconoce que comprende el proceso biológico de la fermentación en ausencia de aire, y menos aun que es originado por la actividad de ciertos organismos. En la rebanada del plátano con hongo: *“la cáscara puede estar babosita y lamosita y como tiene unos hongos, de pronto, le podrían salir otros hongos” (4516)...“...porque como el plátano tiene nutrientes, entonces los hongos se alimentan de ellos...” (4534)*. Dentro de la hipótesis planteada, la presencia de hongos está relacionada con dos funciones vitales de los seres vivos: reproducción y alimentación; las cuales generan cambios de tipo organoléptico en el plátano; aunque no hace explícita la razón por la cual tales funciones logran modificar las características físicas y químicas del plátano. Cabe señalar, que la manera como E1 establece la función de la reproducción, aproxima su explicación a la *teoría de la biogénesis*, postulada por *Francesco Redi* en 1668, la cual considera que los organismos vivos solo pueden surgir de organismos vivos preexistentes; también reconoce en el hongo un tipo de nutrición que depende de nutrientes del medio a partir de materia ya elaborada por otros organismos: *“...entonces los hongos se alimentan de ellos...” (4534)*. Después de registrar en la bitácora cambios físicos del plátano (color, olor y consistencia) durante el experimento, postula para la rebanada del plátano sin hongo (control): *“el plátano está amarillo y partido, tiene un sudorcito..., por encima ya se está poniendo con manchas pequeñas de color verde y por debajo con unas pepitas de color café como si las hubiera puesto al sol...” (5315)...“porque no estaba en la nevera y estaba en una bolsa totalmente cerrada y no le entraba aire...” (5343)*. Persiste la causa que vincula la descomposición de la materia orgánica a la ausencia de aire; por otra parte atribuye una causa no contemplada en el pre experimental, en la cual la temperatura es responsable,

también, de los cambios en la materia orgánica; ésta última atribución causal aproxima de forma superflua a la influencia que tiene el calor, según Gil⁴⁴, en la maduración de frutas climatéricas, como el plátano, ya que acelera su ritmo de deterioro. En la rebanada de plátano con hongo: *"...no se ve nada porque los hongos estaban sobre el plátano y la masa como blanca, el plátano está como pasmado y amarillo, olía un poco maluco por encima ya se está poniendo con manchas pequeñas de color verde y por debajo como tarjado y fácil de partir, ese hongo es una masa por completo, pasmado, y al hongo se le ve un agua alrededor..."* (5260)... *"porque la bolsa tenía hongos y por esos hongos le pasaba al plátano lo que le pasaba..."* (5289). Al igual que la hipótesis pre experimental la descomposición de la materia orgánica es atribuida a la presencia de los hongos; pero su explicación, nuevamente carece de evidencias que indiquen comprensión acerca de las alteraciones profundas, lentas y progresivas de sustratos bajos en acidez (como el plátano) gracias a la influencia de algunas sustancias, como el leudante (fermentador químico compuesto por bicarbonato de sodio, un ácido y almidón) usado durante el experimento. En términos generales, es notorio que en el plátano control, la descomposición de la materia orgánica se atribuye, antes y después del experimento, a causas físicas vinculadas con factores extrínsecos que dependen de limitaciones ambientales, la composición atmosférica para éste caso. En el plátano con hongo, en cambio, la descomposición de la materia orgánica siempre es atribuida a factores biológicos. Tal contexto indica que la comprensión que E1 evidencia, a través de sus hipótesis, carece de una estructura en la cual la descomposición de la materia orgánica sea el resultado de una vinculación simultánea entre factores intrínsecos y extrínsecos, en una continua interacción entre lo físico, lo químico y lo biológico.

Para E2 antes de realizar el experimento en la rebanada de plátano sin hongo (control): *"...se secaría el plátano porque está totalmente sellado, y si no se seca se pondría baboso al estar sellado sin que le entre el aire porque todo alimento necesita refrigeración o en un lugar para conservarse bien y no se descomponga"* (4467)... *"porque todos los alimentos que tengan cáscara deben conservarse con cáscara...porque de otra manera se pondría negro, perdería su color actual y se secaría"* (4484). Esta explicación tiene la misma tendencia que E1 después del experimento; ya que la descomposición del plátano es atribuida a dos causas: ausencia de aire y ausencia de frío. En la rebanada de plátano con hongo: *"por estar juntos los hongos con la rebanada de plátano se juntan éstas 2 cosas y se formarían más hongos; éstos hongos tomarían los nutrientes del plátano y así los hongos se multiplicarían más y el plátano estaría seco y perdería su color"* (4518)...*"porque los hongos se alimentan de nutrientes o alimentos descompuestos o buenos; como el plátano está sin cáscara todas las vitaminas y nutrientes están con los hongos, entonces ellos toman esos nutrientes y se multiplican y el plátano se pondría negro o de otro color y perdería su color actual; porque esas vitaminas y minerales son las que permiten que esté bueno..."* (4536). Esta hipótesis posee los mismos elementos que la postulada por E1 antes de realizar el experimento; ya que contempla dentro de la

⁴⁴ GIL, Ángel. Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Madrid: Médica panamericana, 2010. p. 178.

situación experimental la influencia de dos funciones vitales en los seres vivos: reproducción y alimentación. La primera de ellas relacionada con la *teoría de la Biogénesis*; mientras la segunda, acerca a la teoría de *Pasteur*. Sin embargo, acorde a la descripción de los cambios físicos del plátano, reconoce que el crecimiento del hongo se hace causando daño a otros organismos, en este caso el plátano, pues extrae de ellos sus nutrientes. Una vez realizado el experimento registra en la bitácora cambios físicos relacionados con la consistencia, la humedad y el color; los cuales en la rebanada de plátano sin hongo (control) explica así: *"...se puso como pasmado, se estaba empezando a poner renegrido por partes, se puso frágil a lo último y con un medio apretón se partió y dentro del plátano se veía como reseco y como había estado tanto tiempo sin aire" (5319)...**"...porque el plátano para conservarse debe tener aire para mantenerse bien fuerte y con todos sus nutrientes y al verse en ésta condición todos éstos nutrientes se perderían y el plátano quedaría desprotegido y por eso se secó (5345)".* Persiste su aproximación a la teoría de *Pasteur* cuando señala como las condiciones anaeróbicas *"tiempo sin aire"*, favorecen la alteración del plátano. En la rebanada de plátano con hongo: *"...se fue poniendo como lamoso y con unas manchitas negras, y el hongo se estaba poniendo como una masa que cubría todo el plátano y alrededor de la bolsa más cantidad de hongo y olía feo" (5265)...**"porque el hongo se alimenta de cosas buenas y luego las descompone, por eso es que olía feo y el plátano se puso lamoso porque el hongo tiene bacterias que se fueron consumiendo los nutrientes del plátano y se puso renegrido porque había estado mucho tiempo sin aire" (5291).* Aproximación a la teoría de *Pasteur* al reconocer que los cambios físicos y químicos de la materia orgánica se deben a la acción de organismos vivos, pese a la ausencia de aire. Sin embargo, la aproximación teórica de E2 no se acerca a la realidad experimental, ya que el proceso de fermentación del plátano se debe a procesos de reacción química, y no al resultado de la actividad de organismos inferiores microscópicos, pues el fermentador usado es un leudante (bicarbonato de sodio, un ácido y almidón); el cual. Según Gil⁴⁵, bajo condiciones de aire contenido libera gran cantidad de dióxido de carbono; gas que acelera la putrefacción. Las hipótesis pre experimentales y post experimentales de E2 evidencian que en el plátano control, la descomposición de la materia orgánica solo es atribuida a causas físicas (calor y aire); mientras en el plátano experimental, dicha degradación es el resultado de causas biológicas; situación que evidencia la comprensión atomizada que E2 tiene del tema, ya que en ninguno de los casos reconoce la descomposición de la materia orgánica como el resultado de una multiplicidad de causas.

Antes de realizar el experimento, la hipótesis planteada por E3 en la rebanada de plátano sin hongo (control) es: *"la rebanada comienza a coger manchitas como negras, también yo creo que se pudre" (4472)...**"porque la rebanada no se puede dejar mucho tiempo porque comienza a cambiar el color y a coger un sabor muy maluco como amargo" (4489).* La descomposición del plátano es atribuida al paso del tiempo, explicación que puede acercar al leve reconocimiento de la descomposición como un proceso de sucesión biológica. En la rebanada de plátano con hongo: *"...cogería sabor amargo y no se demorara mucho para cambiar de color por el*

⁴⁵ Ibíd., p.184.

hongo...cogería manchitas como negras" (4523)... "porque...el hongo le haría daño a la rebanada de plátano, daría cambios como el color " (4544). Persiste la tendencia de aproximación a la teoría de Pasteur; ya que los cambios físicos y químicos del plátano son causados por la actividad del hongo. Después de registrar con la bitácora cambios relacionados con el nivel de deterioro de los plátanos, plantea las siguientes hipótesis, rebanada de plátano sin hongo (control): "...los 1ºs días cogió unas manchitas negras, luego fue cogiendo un color como amarillo o como que se estaba pasmando, pero como que cogió menos manchas negras que la rebanada que tenía el hongo" (5322)... "porque el plátano no puede durar mucho tiempo sin consumir porque si no le comienza a dar manchas negras, se pasma y luego se va pudriendo, así pasó con la rebanada de plátano sin hongo" (5353). Persiste su posición frente a la descomposición del plátano a causa del paso del tiempo. En la Rebanada de plátano con hongo: "...1º cogió como una lamita blanca, también soltó un olor maluco y esa lama se puso blandita, también soltó un olor maluco y esa lama lo puso blandito, luego soltó como una babita y empegóstró toda la bolsa de esos hongos, después le dio unas manchitas negras y se pudrió poco a poco" (5268)... "porque la bolsa estaba en un lugar en donde le entraba un poco de sol, de pronto yo creo que por eso soltó esa aguita que empegóstró toda la bolsa y las manchas negras le dieron yo creo que por el hongo" (5293). Explicación que aproxima, nuevamente, a la teoría de Pasteur; ya que los cambios físicos y químicos del plátano están relacionados con la presencia del hongo. Frente a lo anterior, E3 corrobora en su bitácora que la rebanada de plátano con levadura presenta mayor grado de descomposición que aquella sin tal sustancia: "los cambios que existieron entre las 2 bolsas con plátano fue que la que tenía hongo se pudrió más ligero...en cambio la otra rebanada si se pudrió pero se demoró menos que el otro plátano..." (5379). Sin embargo, cabe mencionar que no por ello se evidencia una comprensión de E3 sobre el fenómeno, ya que durante todas las etapas del experimento se atribuyen aisladamente, a la descomposición de materia orgánica, causas de orden físico o biológico; sin establecer conexión entre los factores intrínsecos y extrínsecos que dan lugar a tal fenómeno.

E5 explica para la rebanada de plátano sin hongo (control), antes de realizar el experimento: "...se volvería negra, se pegaría en la bolsa, se dañaría, se llenaría de lama, cogería un color negro y café" (4473)... "porque al plátano estar en la bolsa que va a estar totalmente sellada, eso sería lo que produciría la lama y que el plátano se vuelva negro" (4492). Tal explicación se ha hecho común en los estudiantes analizados hasta el momento, para éste caso, y es la descomposición del plátano como efecto de la ausencia de aire. Nuevamente, la hipótesis aproxima a la teoría de Pasteur gracias al reconocimiento de una descomposición de la materia orgánica en medios anaeróbicos. En la rebanada de plátano con hongo: "yo creo que no sucedería nada porque si tiene hongos no se dañaría, ni tendría cambios como la bolsa 1" (4525)... "porque al estar cerrada la bolsa y al tener honguitos en su interior no pasaría nada" (4545). Aunque la estudiante no reconoce procesos de descomposición del plátano, su explicación deja claro que los hongos no tienen ningún efecto sobre la materia orgánica con la cual se encuentra en contacto; hipótesis que aproximada a las

planteadas por varios químicos antes de *Pasteur*, los cuales – según Jaramillo⁴⁶ – creían que la fermentación era un proceso puramente químico y que los organismos encontrados era un producto de la misma fermentación y no la causa de ella. En este caso la materia orgánica no puede ser afectada por la acción de organismos vivos. Después de registrar en la bitácora del experimento cambios físicos (color y consistencia) y organolépticos (olor) de la materia orgánica; postula la siguiente hipótesis para la rebanada de plátano sin hongo (control): *"...cambió de color...quedó deshecho porque como no tenía hongo y permanecía en la bolsa cerrada tendría más capacidad para madurar, se le salía el olor porque como se había madurado se fue saliendo el olor...se desharinó porque ya estaba podrido"* (5324)...*"porque el plátano al estar en una bolsa cerrada 5 días no se podría desarrollar bien"* (5355). Prevalece su hipótesis pre experimental, en la cual la descomposición de la materia orgánica obedece a causas de orden físico (ausencia de aire). Rebanada de plátano con hongo: *"...se le hicieron unos huecos a la mitad del plátano, quedó un poco blanda, quedó de color blanco, el hongo quedó impregnado en la bolsa como en terrones, el plátano quedó cubierto de hongo y oliendo maluco"* (5276)... *"porque al estar la bolsa cerrada sin aire y como tenía hongo no se podía madurar la rebanada, quedó un poquito blandita porque al estar 5 días con el hongo, éste iba ocasionando que se fuera ablandando..."* (5296). Explicación aproximada a la teoría de *Pasteur*, ya que la actividad de los hongos, en condiciones anaeróbicas, es la causa de descomposición de la materia orgánica. De manera general, es preciso considerar que frente al plátano control, E5 conserva la misma hipótesis antes y después del experimento; la cual considera que la causa principal de la descomposición del plátano es de orden físico (ausencia de aire); en cambio, las hipótesis pre y post experimentales relacionadas con el plátano con hongo difieren ya que inicialmente no establece ningún vínculo entre el hongo y el hecho, pero al realizar el experimento considera que la descomposición de la materia orgánica se debe a una confluencia entre lo biológico (el hongo) y lo físico (ausencia de aire).

La hipótesis preliminar para E6 en la rebanada de plátano sin hongo (control) es: *"puede tener una variedad de cambios, como que la rebanada del plátano se pueda secar y coja un color como negrito"* (4475)...*"porque el plátano al partirlo en rebanadas es como pegajoso y mojado, y si uno lo deja varios días metido en una bolsa se seca y coge color como negro"* (4493); aunque directamente no existe una atribución causal a dichos cambios físicos, el mencionar la influencia del encierro puede dar lugar a cierta consideración: la ausencia de oxígeno afecta al plátano; explicación que nuevamente vincula a la teoría de *Pasteur* dada la descomposición de materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas. En la rebanada de plátano con hongo: *"podría tener varios cambios, como que al tener esa sustancia –o sea el hongo- pueda descomponer la rebanada de plátano muy ligero, entonces puede que la rebanada se dañe por la sustancia echada"* (4526)...*"porque el plátano al partirlo es pegajoso y eso es lo que lo hace tener su forma normal, pero pienso que en ésta bolsa puede pasar lo mismo que en la bolsa 1, o sea que la rebanada de plátano se seque y se dañe"*

⁴⁶ JARAMILLO, Juan. Lo humano de los genios. Costa Rica: Editorial de la universidad de Costa Rica, 2003. p. 210.

(4546). Los cambios físicos del plátano son atribuidos a la acción directa del hongo, visto éste como agente descomponedor; situación que aproxima la explicación al reconocimiento de un hongo tipo saprófito. Después de ejecutar el experimento y registrar cambios físicos (consistencia, color y humedad) y organolépticos (olor); realiza la siguiente hipótesis para la rebanada de plátano sin hongo (control): "... al paso de los días se fue secando y poniéndose de color negro y al terminar el experimento la rebanada de plátano quedó partida..." (5327)...*"porque al secarse y al uno estar cogiéndola para hacerle las observaciones, en una de ellas, el plátano se partió y como uno al verlo seco por encima y negrito él estaba por dentro húmedo y por ésta razón el pedacito quedó blandito"* (5356). Aunque la descripción que realiza del plátano se aproxima al reconocimiento de una caracterización propia de materia orgánica es estado de descomposición; no hace explícita una atribución de causas al hecho. Plátano con hongo: *"al pasar los días iba teniendo diferentes cambios como que empezó a oler maluco y se fue poniendo negro por las puntas y el hongo en el día 4º estaba totalmente convertido en agua y el último día quedó mojado y otra vez normal sin el agua"* (5271)...*"porque el hongo al estar tantos días allí metido en la bolsa lógicamente suda y pues como el plátano al partirlo quedó como húmedo y pues por ésta razón creo que fue que el hongo al 4º día estaba como agua"* (5299). La explicación reconoce una percepción diferente del hongo antes y después de realizar el experimento; pues la hipótesis inicial establece un vínculo entre la presencia del hongo y la descomposición de la materia orgánica; sin embargo, después de llevar a cabo el experimento, solo realiza una descripción del hecho, sin establecer el vínculo realizado en la fase pre experimental.

El cuadro 13, que se presenta a continuación, permite observar las tendencias sobre las teorías empleadas en las fases preexperimental y posexperimental del problema 4.

Cuadro 13. Teorías usadas en las fases preexperimental y posexperimental en la solución del problema 4

PROBLEMA 4 (descomposición por hongo)			
FASE PREEXPERIMENTAL			
Plátano sin hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Ausencia de Aire	6	E1:4482; "...esto pasó porque a la cáscara de plátano no le entraba aire, entonces por eso su cáscara era lamosa y babosa". E2:4467: "...se secaría el plátano porque está totalmente sellado, y si no se seca se pondría baboso al estar sellado sin que le entre el aire...". E5:4492; "porque al plátano estar en la bolsa que va a estar totalmente sellada, eso sería lo que produciría la lama y que el plátano se vuelva negro". E7:4495; "porque el plátano al estar metido ahí 5 días sin aire puede descomponerse rápido". E9:4496; "porque al estar la rebanada en la bolsa sin recibir ninguna clase de aire se puede secar...". E18:4482; "...la rebanada de plátano se va a poner dura y negra...babosa y se va a podrir. Esto se da a que está encerrada en la bolsa".
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Transcurso del tiempo	1	E3:4489; "porque la rebanada no se puede dejar mucho tiempo porque comienza a cambiar el color y a coger un sabor muy maluco como amargo".
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Ausencia de cáscara	1	E: 15:4500; "porque el plátano tiene que tener la cáscara para poder madurar, y como ya no tiene la cáscara...se va a secar".
Plátano con hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Alimentación del plátano y ausencia de aire	1	E1:4534; "... esto pasó porque como el plátano tiene nutrientes, entonces los hongos se alimentan de ellos y por estar tanto tiempo la bolsa tapada la cáscara del plátano puede estar babosa y lamosa".
<i>La causa transmite algo de sí misma al efecto</i>	Alimentación del hongo	2	E2:4518; "...por estar juntos los hongos con la rebanada de plátano...éstos hongos tomarían los nutrientes del plátano...el plátano estaría seco y perdería su color". E7:4529; "pues si los hongos están vivos podrían comerse el plátano porque ellos se alimentan de él".

La causa transmite algo de sí misma al efecto "	Presencia del hongo	3	E6:4526; "podría tener varios cambios, como que al tener esa sustancia –o sea el hongo- pueda descomponer la rebanada de plátano muy ligero, entonces puede que la rebanada se dañe por la sustancia echada". E9:4549; "porque al la rebanada tener hongo y nada más, yo creo que al cabo de 5 días, solo le saldría lama blanca y se seca...". E15:4530; "...puede que ésta se pudra más rápido y por los hongos salgan cosas al plátano".
FASE POST EXPERIMENTAL			
Plátano sin hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Ausencia de aire	4	E1:5343; "...estaba en una bolsa totalmente cerrada y no le entraba aire, por eso se colocaba pasmado, amarillo y a punto de partirse". E2:5345; " esto sucedió porque el plátano para conservarse debe tener aire para mantenerse bien fuerte y con todos sus nutrientes...por eso se secó". E5:5355; "porque el plátano al estar en una bolsa cerrada 5 días se podría desarrollar bien". E18:5368; "porque...al estar encerrado el plátano 5 días, yo creo que eso fue lo que hizo que el plátano se pasmara y diera esos cambios de ponerse negro por los lados".
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Ausencia de cáscara	1	E9:5362; "porque...el plátano tiene que tener su cáscara para protegerse y al sacar el plátano de su cáscara...se va a secar y pasmar...".
Plátano con hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
La causa transmite algo de sí misma al efecto	Presencia del hongo	3	E1:5289; "porque la bolsa tenía hongos y por esos hongos le pasaba al plátano lo que le pasaba, como ponerse verde y oler maluco". E6:5299; "porque el hongo al estar tantos días allí metido en la bolsa lógicamente suda y pues como el plátano al partirlo quedó como húmedo y pues por ésta razón creo que fue que el hongo al 4º día estaba como agua". E18:5311; "...se va poniendo negro y por los lados duros, también creo que el hongo hizo que le dieran cambios".

La causa transmite algo de sí misma al efecto	Ausencia de cáscara	1	E15:5309; <i>"porque el plátano siempre necesita la cáscara para no secarse, si no la tiene se iría secando y cambiando de color"</i> .
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Ausencia de aire y presencia de hongo	1	E5:5296; <i>"porque al estar la bolsa cerrada sin aire y como tenía hongo no se podía madurar la rebanada..."</i> .
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Sol y presencia de hongos	1	E3:5293; <i>"porque la bolsa estaba en un lugar en donde le entraba un poco de sol...las manchas negras le dieron yo creo que por el hongo"</i> .
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Presencia del hongo, y ausencia de aire y de cáscara	1	E9:5303; <i>"porque tenía hongos y porque estaba en la bolsa...por eso creo que le pasó lo mismo al plátano porque cuando éste no tiene la cáscara, que es su protección y lo protege de todo lo que le entre o lo perjudique, entonces por eso creo que se pasmó la rebanada"</i> .
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Ausencia de aire, y alimentación de hongos y bacterias	1	E2:5291; <i>"porque el hongo se alimenta de cosas buenas y luego las descompone, por eso es que olía feo y el plátano se puso lamoso porque el hongo tiene bacterias que se fueron consumiendo los nutrientes del plátano, y se puso renegrido porque había estado mucho tiempo sin aire"</i> .

Fuente: Elaboración propia. 2011.

Una síntesis de las atribuciones causales en el problema 4 se observa en el cuadro 14.

En el caso del experimento del plátano y su descomposición el comportamiento en las fases preexperimental y posexperimental difieren en el caso control con el caso experimental (cuadro 13). Se observa que en el control todas las causas de descomposición del plátano se refirieron a factores relacionados con el ambiente físico. En la fase preexperimental se incluyeron aire, tiempo, exposición de la pulpa y nutrición del plátano para quedar, únicamente, la ausencia de aire y la exposición de la pulpa por ausencia de cáscara una vez culminado el tiempo de observación.

Para el caso en experimentación la alimentación del hongo y del plátano son las hipótesis que se formulan en la fase preexperimental y que se "prueban" en la fase posexperimental dando como resultado la combinación de la ausencia de aire, la ausencia de cáscara, la presencia del hongo y la alimentación del hongo como factores responsables de la descomposición del plátano.

En la fase posexperimental las atribuciones causales involucran más de una causa e identifican una relación entre ellas y con el efecto. En todos los casos se presentó dependencia de la percepción visual y sensorial de los cambios observados en los objetos de experimentación.

Cuadro 14. Teorías empleadas en las fases preexperimental y posexperimental en la solución del problema 4.

Causa de la descomposición del plátano sin levadura o <u>Control</u>	Pre exp.	Pos exp.	Causa de la descomposición del plátano con levadura <u>Experimental (E)</u>	Pre exp.	Pos exp.
Ausencia de aire	1	1	Ausencia de aire y presencia del hongo	0	1
Tiempo de exposición al ambiente	1	0	Presencia del hongo/alimentación del hongo	2	0
Ausencia de cáscara	1	1	Ausencia de cáscara	0	1
Alimentación del plátano y ausencia de aire	1	0	Ausencia de aire, ausencia de cáscara y presencia del hongo	0	1
			Ausencia de aire y alimentación del hongo y bacterias	0	1
			Alimentación del plátano y ausencia de aire	1	0

Fuente: Elaboración propia. 2011.

El cuadro 14 muestra los factores causales que los estudiantes atribuyen a la descomposición del plátano – control y experimental - antes y después del experimento, y su respectiva cuantificación. Es así como se logra evidenciar que frente a la descomposición del plátano control o experimental, antes y después del experimento, los estudiantes no establecen una causa con mayor fuerza frente a las otras. Sin embargo, si se hace notorio que el número de factores causales es mayor durante la fase posexperimental, apoyando la existencia de la teoría causal relacionada con “*Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta*”.

Como conclusión del análisis de las teorías causales construidas por los niños en el proceso de plantear las hipótesis, diseñar y hacer los experimentos y las observaciones se encuentra que predomina, una idea de causalidad en la que es mayor la atribución causal, que Pozo define como “*la causa transmite algo de sí misma al efecto*”⁴⁷, por ejemplo el aire. Tanto si hay contacto de los sustratos utilizados en los problemas con el aire como si no lo hay, el aire es responsable de los cambios observados por sí mismo o por portar elementos que pudieran relacionarse con los cambios observados.

⁴⁷ POZO, Juan. Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. España: Visor Libros, 1987. p.94.

Si bien los problemas propuestos pueden pertenecer al ámbito de las experiencias cotidianas y desde allí se plantean las hipótesis en la fase preexperimental, los experimentos y las observaciones de los cambios generan atribuciones causales como:

- a) Reconocer que los gusanos no se forman espontáneamente en la carne (Redi, 1668) en putrefacción y se relacione con la presencia de aire y en algunos casos con la presencia de moscas, como en el problema 1.
- b) Que la evaporación es causada por el calor, lo cual fue reconocido por Deluc (1717-1817), y por el aire según Leroi y Muskembrock (1739), como en el problema 2.
- c) Que la germinación de semillas depende de varios factores (causas en este caso) como la tierra, el aire, el espacio, la calidad de las semillas, en el problema 3. Aunque no se alude a la resistencia ambiental y a los factores internos y externos que están involucrados en el proceso de germinación se da cuenta de su existencia y relación.
- d) Que la presencia de hongos degrada el plátano y la utilización que el hongo le da.

6.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS REGLAS DE INFERENCIA EMPLEADAS POR LOS ESTUDIANTES EN LAS FASES PREEXPERIMENTAL Y EXPERIMENTAL POR PROBLEMAS

Tal como se indicó al inicio de este capítulo el análisis de las inferencias se realizó a través de la identificación de los conectores de causalidad y su relación con las reglas de inferencia planteadas por Pozo.

A continuación se presentan, por problema, dichas reglas.

A la luz de los datos, durante el problema 1, descomposición de sustancias orgánicas (carne), se observa, que los estudiantes, identifican tanto la variable independiente como de la dependiente. La primera de ellas relacionada con la exposición ambiental en el grupo experimental; y la segunda, con los cambios organolépticos debido, en su mayoría, a factores físicos. Dichas atribuciones causales dan lugar a una sola regla de inferencia: contigüidad espacial; dado que los estudiantes eligen causas en las que hay contacto físico con el sustrato. Como ejemplo se coloca el enunciado de E2 durante la fase el preexperimental: E2:34; *"Porque la carne estaba expuesta a la luz solar, y ésta la puede secar, descomponer y hasta producir olores rancios..."* y E7:44; *"porque está al aire libre...por eso cambia de aspecto"* (44); y durante el posexperimental: E5:851; *"la carne cambió de color porque al pasar los días el aire libre se iba secando y cambiando de semblante"*, y E18: 859; *"porque el sol le pega al tarro y por eso creo que se dan esos cambios"* (859).

Este es el "patrón" de respuesta que se observa en el problema uno tanto en la fase preexperimental como posexperimental.

Cuadro 15. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 1

FASE PREEXPERIMENTAL			
Carne de frasco sin tapa			
Categoría Reglas de inferencia	Factor causal de los cambios en la carne	Ejemplos	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Rayos del sol	3	E1:32; "porque los rayos del sol llegan al frasco destapado y pueden ocasionar malos olores...o si no la sustancia también se puede secar...". E2:34; "Porque la carne estaba expuesta a la luz solar, y ésta la puede secar, descomponer y hasta producir olores rancios...". E15:27; "...la carne se pudriría y empezaría a oler feo, porque por los rayos solares y el vidrio se quemará...cambiará de color".
Contigüidad espacial	Aire	4	E2:8; "Le entra aire a la carne y se puede descomponer...". E5:38; "...porque la carne se daña muy fácil con solo dejarla destapado un momentico empieza a oler maluco". E7:44; "porque está al aire libre...por eso cambia de aspecto". E9:45; "porque la carne la dejaron demasiado tiempo, o sea días destapada, y...se descompuso".
NA	Agua (mal interpretación de la situación experimental)	1	E18:52; "porque el frasco estuvo mucho tiempo en el agua y debido a eso cogió mal olor".
Carne de frasco con tapa			
Categoría	Factor causal de los cambios en la carne	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Rayos del sol	2	E2:70; "Si el frasco no está refrigerado y pasa mucho tiempo expuesto al sol se puede recalentar y la carne descomponer...". E2:92; "El frasco se recalentó mucho y la carne se descompuso porque estaba expuesta al calor...". E6:76; "la carne poco a poco se irá descomponiendo, porque es como si dejáramos varios días una comida al "resisterio" del sol cuando queramos hacer algo con ella ya va a estar muy

			<i>descompuesta...". E15:87; "...puede ser que la dejen al sol y le pasará lo mismo que el frasco sin tapa, pues la carne se quemará...". E15:106; "...se vuelve pequeña porque el sol que le da la vuelve así "</i>
Contigüidad espacial	Factores endógenos	1	E3:73; <i>"pero la carne misma se comienza a descomponer poco a poco"; E3:95; "porque así está tapado la carne misma se encarga de descomponerse..."</i>
Contigüidad espacial (No hay contacto con la causa)	Ausencia de aire	1	E7:101; <i>"porque la carne está encerrada y no tiene aire..."</i> .
FASE POSTEXPERIMENTAL			
Carne de frasco sin tapa			
Categoría	Factor causal de los cambios en la carne	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Moscas	5	E1:838; <i>"...porque como el tarro estaba destapado le podían ir entrando cosas como polvo o incluso un mosquito, y esas cosas pueden ocasionar los gusanos..."</i> . E3:819; <i>"...se llenó de moscas de tanto estar destapado y la carne cogió unos gusanitos y se puso como babosa"</i> . E6:846; <i>"porque las moscas al uno dejar cosas destapadas, además que se está descomponiendo,...dejan unas bolitas llamadas "queresas" y éstos son los gusanos de los que se llenó la carne"</i> . E7:848 <i>"...y como estaba al aire libre, entonces las moscas depositaban huevos para que así surjan los gusanos"</i> . E9:853; <i>"...o de pronto se entraron moscas"</i> .
Contigüidad espacial	Bacterias y otros	2	E2:841; <i>"porque la carne al estar expuesta todo tipo de bacterias o bichos, seguro se le incrustaron algunas larvas que...fueron absorbiendo todo lo bueno de la carne, y por eso la ranciaron..."</i> . E9:853; <i>"...porque al estar al aire libre le entran bacterias y otras cosas; por eso creo también que se secó y causó ese cambio..."</i> .

Contigüidad espacial	Gusanos	1	E15:855; "...de pronto los gusanos fueron porque estaba podrida y se fueron formando dentro de la carne, o entraron del exterior del frasco".
Contigüidad espacial	Luz	1	E2:841; "...por estar expuesta a la luz y al aire".
Contigüidad espacial	Aire	1	E2:841; "...por estar expuesta a la luz y al aire". E5:851; "la carne cambió de color porque al pasar los días el aire libre se iba secando y cambiando de semblante".
Contigüidad espacial	Calor	2	E9:853; "...porque como le entraba el calor..." E18: 859; "porque el sol le pega al tarro y por eso creo que se dan esos cambios".
Carne de frasco con tapa			
Categoría	Factor causal de los cambios en la carne	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Ausencia de aire	1	E2:886; "...porque la carne al estar sin aire todo lo que la carne debe expulsar se queda encerrado y se mezcla y puede llegar a formar ésta grasita que ranciará a la carne y producirá olores malos".
Contigüidad espacial	Calor	3	E7:894; "...se puso como más dura porque con el calor se secó...". E9:896; "...le daba el calor entonces yo creo que el frasco se calentó y...como la carne ya estaba como podridita se mezcló con el sudor del frasco causando una baba blanca con rojo que le dio y produjo que nacieran gusanos" (896). E18:904; "...estaba cerrada y al pegar el sol al vidrio y estar encerrada en medio de calor se dan esos cambios".

Fuente: Elaboración propia. 2011

Una síntesis de las reglas de inferencia empleadas en la solución del problema 1, en la fase experimental y posexperimental, se observa en el cuadro 16.

Respecto al problema 2, Evaporación de dos líquidos de diferente naturaleza química (en cantidad igual), también hace evidente la identificación de las dos variables. Como variable independiente - para los dos líquidos – se reconoce la exposición ambiental, y como variable dependiente, la disminución del volumen debido a factores físicos y características particulares de cada líquido en particular (agua y alcohol). Ahora, con respecto a las reglas de inferencia identificadas, se reconoce solo una: contigüidad espacial, dado el predominio de causas en contacto

físico o espacial con el efecto; por ejemplo: E6:970; *"...porque al estar en un lugar fresco sin los rayos del sol, a ninguno de los dos se le secará el líquido que lleva dentro"*, E3:1031; *"porque el aire va evaporando el agua y la va disminuyendo poco a poco..."*; y durante el posexperimental: E9:1621; *"...el agua que bajó fue porque el sol le daba y se evaporaba...porque el sol calentaba el frasco y producía la evaporación del agua"*, y E18: 1588; *"...en medio de tanto calor el químico que lleva no lo soporta y hace que el calor baje mucho más y se seque"*.

Cuadro 16. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental

Reglas de inferencia usadas para el control	Pre exp.	Pos Exp.	Reglas de inferencia utilizadas para el experimental	Pre exp.	Pos Exp.
Contigüidad espacial	3	2	Contigüidad espacial	2	6

Fuente: Elaboración propia. 2011

Respecto al problema 2 - Evaporación de dos líquidos de diferente naturaleza química (en cantidad igual), también hace evidente la identificación de las dos variables. Como variable independiente - para los dos líquidos – se reconoce la exposición ambiental, y como variable dependiente, la disminución del volumen debido a factores físicos y características particulares de cada líquido en particular (agua y alcohol). Ahora, con respecto a las reglas de inferencia identificadas, se reconoce solo una: contigüidad espacial, dado el predominio de causas en contacto físico o espacial con el efecto; lo cual durante el preexperimental: E6:970; *"...porque al estar en un lugar fresco sin los rayos del sol, a ninguno de los dos se le secará el líquido que lleva dentro"*, E3:1031; *"porque el aire va evaporando el agua y la va disminuyendo poco a poco..."*; y durante el posexperimental: E9:1621; *"...el agua que bajó fue porque el sol le daba y se evaporaba...porque el sol calentaba el frasco y producía la evaporación del agua"*, y E18: 1588; *"...en medio de tanto calor el químico que lleva no lo soporta y hace que el calor baje mucho más y se seque"*.

El cuadro 17 muestra las evidencias a este respecto.

Cuadro 17. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 2.

PROBLEMA 2 (evaporación)			
FASE PREEXPERIMENTAL			
Vaso con agua			
Categoría teorías	Factor causal del hecho	Ejemplos	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Sol	2	E3:1031; "...también tiene que ver por el sol". E5:995; "...porque en el ambiente en el que está le pueden entrar rayitos de sol y puede ir disminuyendo...". E6:970; "...porque al estar en un lugar fresco sin los rayos del sol, a ninguno de los dos se le secará el líquido que lleva dentro". E6:996 "porque los dos frascos...se encontraron en un lugar fresco y protegido de los rayos del sol que pudieran disminuir los 2 líquidos". E9:975; "...el agua se secaría al sol...". E18:1024; "...lo único que la seca si da directo y caliente demasiado es el sol".
Contigüidad espacial	Naturaleza del líquido	1	E2:991; "...como el agua es pura tarda más su evaporación". E9:975; "...de pronto porque el agua es natural...".
Contigüidad espacial	Aire	5	E1:1027; "Porque el aire al estar contaminado se va secando el agua; y el aire y el agua se van como juntando...". E3:1031; "porque el aire va evaporando el agua y la va disminuyendo poco a poco...".
Vaso con alcohol			
Categoría	Factor causal del hecho	Ejemplos	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	sol	3	E5:995; "...porque en el ambiente en el que está le pueden entrar rayitos de sol y puede ir disminuyendo...". E6:970... "porque al estar en un lugar fresco sin los rayos del sol, a ninguno de los dos se le secará el líquido que lleva dentro". E6:996 "porque los dos frascos...se encontraron en un lugar fresco y protegido de los rayos del sol que pudieran disminuir los 2 líquidos". E6:1016; "...ya que el sol disminuye el agua y el alcohol, mientras el aire -en mi concepto- puede mantenerlos estable". E6:1047; "porque al estar destapado y al no estar al sol lo protege de que el líquido se vaya secando". E15:984; "...pero también se podría evaporar por el calor..."

Contigüidad espacial	Naturaleza del líquido	5	E1:960; "...el alcohol se va secando...porque...contiene químicos". E1:1040; "...se seca por los químicos...". E2:964; "...como el alcohol tiene muchos químicos su evaporación es más rápida...". E9:975; "...porque de pronto tiene muchos químicos...". E15:1005; "El alcohol se evapora más rápido por los químicos que tiene". E18:1008; "...porque el alcohol es un líquido muy fuerte...se da para que se seque".
Contigüidad espacial	Aire	3	E7:1063; "...porque está al aire libre y empieza a surgir efecto y puede varias su olor". E9:975; "...el alcohol se secaría primero que el agua porque al alcohol si uno lo deja mucho tiempo al aire libre se seca y el agua no". E9:1000; "...porque al dejar el alcohol al aire libre obviamente se va a secar...". E9:1064; "porque al dejarlo destapado y al aire libre 7 días se puede secar o tener alcohol pero muy poquito". E18:1054; "...debido a tanto aire se seca por estar destapado tanto tiempo". E18:1068; "porque debido al frasco del alcohol estar destapado lo seca por estar tantos días así y entrarle tanto aire...".
FASE POSEXPERIMENTAL			
Vaso con agua			
Categoría	Factor causal del hecho	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Sol	4	E3:1596; "...porque hizo mucho calor y la hizo evaporar"..."porque si...está en un lugar en donde haga mucho calor"...E3:1611; "...se evapora, así es como ella disminuye poco a poco, porque no resiste tanto calor y se evapora". E6: 1675; "...porque procuré de poner los vasos en una parte en donde no les entrara sol pero por un pequeño rotico si les entraba el sol y le daba a todo el vaso de agua y creo que ese sol que le daba fue el que hizo que se fuera secando poquito a poco...". E9:1621; "...el agua que bajó fue porque el sol le daba y se evaporaba...porque el sol calentaba el frasco y producía la evaporación del agua". E18:1628; "...porque estaba destapado y con el sol pegándole, debido a eso los últimos días estaba bajando mucho más".
Contigüidad espacial	Naturaleza del líquido	2	E1:1607; "...porque como el agua no tiene químicos ni sustancias...por eso casi no bajaba como el alcohol...". E2:1610; "...porque el agua es pura, casi no tiene contaminantes, entonces se evapora más lento".

Contigüidad espacial	Aire	1	E7:1620; "...porque como el vaso estaba destapado entonces le entra aire y bacterias que hacen que el agua se ponga verde y lamosita".
Vaso con alcohol			
Categoría	Factor causal del hecho	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Sol	3	E3:1570; "...porque si está en una parte en donde haya calor y destapado, pues de una empieza a disminuir", "...como el sol está fuerte entonces se evapora también". E6:1575; "...pero sí se evaporaba por lo que el sol era tan fuerte y al evaporarse va disminuyendo...". E18: 1588; "...en medio de tanto calor el químico que lleva no lo soporta y hace que el calor baje mucho más y se seque".
Contigüidad espacial	Naturaleza del líquido	6	E1:1566; "...porque el alcohol tiene químicos y por ellos pudo haber pasado lo que pasó y...bajó mucho más que el agua por los químicos". E3:1570; "porque está compuesto con químicos". E5:1573; "...como tiene tantos químicos eso provocó que disminuyera tanto...". E6: 1575: "porque el alcohol es un líquido que contiene muchas sustancias...por ésta razón fue que éste vaso quedó solo con 1 cm...". E9: 1581; "...porque tiene muchas mezclas...muchos tratamientos...". E15: 1587..."por todos los químicos que son tan fuertes, y al estar destapado tanto tiempo los iba perdiendo e iba disminuyendo...". E18:1564; "...estaba bajando mucho más debido a tanto químico".
Contigüidad espacial	Aire	1	E7:1579; "porque el alcohol contiene muchos químicos y al estar destapado podría ponerse blanco porque el aire se lleva sus componentes químicos y se puede dar ese color".

Fuente: Elaboración propia. 2011.

Una síntesis de las reglas de inferencia empleadas en la solución del problema 2, en la fase experimental y posexperimental se observa en el cuadro 18. En las dos condiciones las reglas de inferencia corresponden a la contigüidad espacial.

Cuadro 18. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental

Reglas de inferencia usadas para la evaporación en vaso con agua	Preexperimental	Posexperimental	Reglas de inferencia usadas para la evaporación en vaso con alcohol	Preexperimental	Posexperimental
Contigüidad espacial	3	3	Contigüidad espacial	3	3

Fuente: Elaboración propia. 2011.

Durante el problema 3, Germinación de semillas de frijol para evaluar los efectos de la limitación de recursos y la capacidad de carga del ambiente, se identifica como variable independiente: el espacio y la cantidad de tierra; y como variable dependiente: el desarrollo de semillas y plantas. Las atribuciones de los estudiantes se relacionan, al igual que los problemas anteriores, con causas en contacto físico con el efecto: agua, tierra, aire, entre otros; lo cual acerca al reconocimiento, nuevamente, de la Contigüidad espacial como regla de inferencia usada. Ejemplos de lo anterior se observan en la fase preexperimental: E6:1683; *"...al estar regando con agua las semillas podrán germinar demasiado rápido y la semilla quedará convertida en una hermosa planta que después dará fruto"* y E15:1693; *"...si a la bolsa pequeña le echan una tierra, a la mediana y a la grande otra podría ser que las semillas de una bolsa crezcan más rápido y más grandes que las otras"*; y durante el posexperimental: E1:4250; *"...porque el clima le caía bien a algunas semillas y crecieron muy bien..."*; E7:4255; *"porque la tierra era fértil entonces crecieron demasiado grandes..."*, y E3:4264; *"crecieron muy bien porque las regábamos todos los días..."*. Adicionalmente, los datos permiten identificar el uso de una segunda regla de inferencia: Covariación múltiple; la cual en el marco de la teoría de atribución causal de Kelley (1972) se relaciona con la atribución de más de una causa a un solo hecho; es así como durante el preexperimental: E3:1854; *"porque si uno no las está regando a diario, ellas se pueden morir porque necesitan agua y buena tierra para crecer..."* y E5:1894; *"porque son regadas todos los días, tienen más granos y suficiente tierra y se dejan durante tanto tiempo la semilla saldría bien"* (1894); y durante el posexperimental: E18:4224; *"germinarían muy rápido porque la bolsa es muy pequeña y debido a tanto sol y agua no se aguantarían y crecerían"*, y E15:4369; *"...al principio fue muy lento para salir, de pronto porque la semilla no era fértil, la tierra no era apta para que la semilla retoñara"*. La covariación múltiple observada hace relación a la posibilidad que brindó la situación problema planteada para analizar la influencia de varios factores asociados a la germinación de las semillas.

Una relación de tales reglas se observa en el cuadro 19.

Cuadro 19. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 3.

PROBLEMA 3 (germinación)			
FASE PREEXPERIMENTAL			
Siembra de 5 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Tierra	1	E1:1698; "...porque la bolsa pequeña puede estar llena de tierra".
Covariación múltiple	Tierra y agua	1	E9:1686; "...porque al dejar una semilla en tierra bien buena va a crecer, y...están pendientes de echarle el agua...a la semilla le va a crecer una pequeña matica y raíces...".
Covariación múltiple	Aire	1	E2:1700; "...porque no tiene tanto aire y además el agua de pronto acaba de empeorar los frijoles".
Bolsa mediana			
Contigüidad espacial	Cantidad de semillas	1	E1:1670; "...de pronto si le salen raíces pero no a todas las semillas porque son muchas...".
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1675; "...porque retoñarían unos si y otros no, pues tienen un poco más de espacio para respirar". E2:1701; "...aunque tiene un poco más de espacio, no es tan suficiente para que retoñen todos los frijoles...".
Contigüidad espacial	Tierra	1	E1:1672; ".....muchas más pocas semillas, porque pueden quedar de pronto todas las semillas juntas, entonces no les crecen raíces a las semillas...".
Bolsa grande			
Contigüidad espacial	Aire	2	E1:1699; "...porque le queda más aire para que puedan respirar las semillas.". E2:1677; "...creo que si retoñarían unos porque tienen más aire y espacio en la bolsa".
Contigüidad espacial	Aire y Espacio	2	E2:1677; "...creo que si retoñarían unos porque tienen más aire y espacio en la bolsa". E2:1703; "...tampoco hay espacio para que retoñen los 5 frijoles...". E3:1680; "...crece más porque la bolsa es muy grande y tiene más espacio para ella crecer".

Explicación sin discriminación por bolsas			
Contigüidad espacial	Animales ("bichos")	1	E5:1681; "...la bolsa pequeña se llenaría de animalitos, al igual que la grande y la mediana; y a medida que pasa el tiempo iría formando una planta de frijol". E5:1706; "porque...los bichos creo que son los que hace crecer la semilla..."
Contigüidad espacial	Agua	1	E6:1683; "...al estar regando con agua las semillas podrán germinar demasiado rápido y la semilla quedará convertida en una hermosa planta que después dará fruto".
Contigüidad espacial	Tierra	2	E7:1685; "Las semillas germinan porque al estar en tierra han de crecer. E15:1693; "...si a la bolsa pequeña le echan una tierra, a la mediana y a la grande otra podría ser que las semillas de una bolsa crezcan más rápido y más grandes que las otras".
Covariación múltiple	Número de semillas y espacio	1	E18:1731; "...crecen más rápido las matas que tienen más semillas y las de pocas semillas tienen un crecimiento lento porque las semillas están distanciadas; en cambio las otras de más semillas, debido a su estrechura se reproducen más rápido".
Contigüidad espacial	Espacio	1	E3:1704; " porque la bolsa pequeña no tiene mucho espacio para el frijol crecer; las bolsas mediana y grande tienen un poco más de espacio para el frijol..."
Siembra de 25 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Número de semillas	1	E2:1766; "...porque son muchos frijoles para ésta bolsita se podrían secar todos".
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2: 1743; "...unos se pudrirían y otros no, porque la bolsa es un poquito más grande, pero no tanto como para retoñar todos los frijoles".
Bolsa mediana			
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1744; "...retoñaría uno que otro y el resto se podría secar por la bolsa más o menos grande". E2:1767; "...retoñarían pero muy poquitos porque la bolsa no es suficientemente grande para todos éstos frijoles".
Bolsa grande			
Contigüidad espacial	Número de semillas	1	E2:1745; "...retoñarían poquitos, porque ya son muchos frijoles..."
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1768; "...retoñarían, pero muy pocos porque la bolsa es grande..."

Explicación sin discriminación por bolsas			
Covariación múltiple	Espacio y número de semillas (densidad)	2	E3:1770; "porque son muchos frijoles y no hay suficiente espacio para ellos vivir". E5:1750; "...se iría formando una semilla grandecita; claro, siempre y cuando tenga adentro tierra negrita y buena".
Covariación múltiple	Número de semillas	2	E6:1752; "...las bolsas de 5 y 25 semillas pueden estar germinando en muy pocos días, porque los frijoles son muy pocos y tienen más facilidad para germinar". E15:1781; "puede ser que crezcan más rápido por la diferente tierra que les puedan echar...". E15:1781; "puede ser que en la bolsa de 5 semillas crezcan menos y más lento que la de 25 semillas por la cantidad. Lo mismo que la de 25 semillas crece más lento que la bolsa de 50 semillas".
Covariación múltiple	Tierra	2	E1:1764; "...en todas las bolsas puede pasar lo mismo...porque al estar la bolsa más o menos llena de tierra, no va creciendo tanto la raíz...". E9: 1776; "porque si la tierra está en un buen estado y es adecuada, la semilla va a reproducir; pero si está en una tierra no adecuada...se secaría".
Siembra de 50 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1811; "porque...no tiene suficiente espacio para todos los frijoles".
Bolsa mediana			
Contigüidad espacial	Número de semillas	1	E2:1787; "...se descomponen porque son muchos frijoles...".
Bolsa grande			
Contigüidad espacial	Aire	1	E2:1813; "acumula aire y no puede expulsarlo y se podría descomponer...".
Explicación sin unificación por bolsas			
Contigüidad espacial	Espacio	4	E3:1789; "...las semillas que reviven ya están más o menos grandes, aunque las bolsas no tengan suficiente espacio para ellos...". E7:1796; "...pueden crecer porque no quedan tan apeñuscadas...". E15:1803; "...aunque puede que por el espacio tan pequeño de las bolsas retoñen lentamente" E18:1827; "porque en la bolsa pequeña y mediana no hay tanto espacio, en cambio en la grande las semillas tienen por donde reproducirse".

Contigüidad espacial	Tierra	3	E3:1814; "porque ellas para crecer necesitan una buena tierra para vivir...". E9:1798; "...1º tendrían que estar en una buena tierra, que sea adecuada...quizás salgan muchas raíces". E15:1826; "...por la tierra que le echen, si le echan una tierra con abono retoñará muy lento".
Contigüidad espacial	Agua	1	E5:1816; "...el agua se disolvería, remojaría las plantas y eso sería lo que las hace crecer".
Contigüidad espacial	Número de semillas	2	E1:1794; "Si crecerían porque son poquitas...". E6:1896; "...por ser tantas tienen menos capacidad...".
Siembra de 100 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1853; "...porque no tiene espacio para las 100 semillas".
Bolsa mediana			
Covariación múltiple	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E2:1834; "...retoñarían pocos porque son demasiados frijoles y la bolsa no es apta para todos ellos".
Bolsa grande			
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1835; "...retoñarían muchos y otros no, porque la bolsa es un poquito apta ellos y podrían retoñar, o de pronto no".
Explicación sin discriminación por bolsas			
Covariación múltiple	Agua y tierra	1	E3:1854; "porque si uno no las está regando a diario, ellas se pueden morir porque necesitan agua y buena tierra para crecer...".
Contigüidad espacial	Agua	1	E5:1837; "...y todos los días se les echa agua, se iría formando una planta mucho más grande".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Número de semillas	1	E6:1857; "...porque cada bolsa, no importa su tamaño, posee muchas semillas y no tiene casi capacidad para germinar; puede demorarse mucho, o puede que no...se van a demorar más que las de menor semillas".
Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E7:1841; "los frijoles en una bolsa tan pequeña ya son muchos, en la bolsa mediana todavía quedarían un poco apretadas y en la grande no quedarían tan apeñuscadas". E7:1860 "...porque 100 frijoles son muchos para la pequeña. Para la mediana son así precisos. Para la grande son apenas".

Covariación múltiple	Espacio	3	E9:1861; "...tal vez unas semillas se mueran porque al no haber espacio para ellas crecer, tal vez no se reproduzcan, se sequen o se pudran...". E15:1846; "...unas van a estar pegadas con otras y no retoñan....". E18:1866; "...a tan poquito espacio de la bolsa pequeña y mediana algunas matas no crecen...se marchitan; en cambio a la otra grande si le salen las semillas buenas y grandes".
Covariación múltiple	Aire	1	E1:1831; "...pero si no tiene tanta tierra es más fácil que puedan respirar, o sea, entrar aire para que puedan reproducirse"...E1:1851; "porque no le entra aire para que las semillas respiren y puedan reproducirse".
Siembra de 250 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1872; "...por su tamaño se pudren todos, pues no hay espacio...".
Bolsa mediana			
Contigüidad espacial	Espacio	1	E2:1873; "...no tiene suficiente espacio para todos los frijoles".
Bolsa grande			
Covariación múltiple	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E2:1892; "esto sucedería porque son mucho frijoles para las 3 bolsas y no tienen suficiente espacio".
Explicación sin discriminación por bolsas			
Covariación múltiple	Agua y tierra	1	E5:1894; "porque son regadas todos los días, tienen más granos y suficiente tierra y se dejan durante tanto tiempo la semilla saldría bien".
Covariación múltiple	Espacio y número de semillas (densidad)	3	E7:1882; "...quedan muy estrechas en la bolsa pequeña y mediana, en la grande también podrían quedar un poquito estrechas". E7:1898; "porque 250 granos son demasiados, ni en la bolsa pequeña ni mediada nacerán, pero en la bolsa grande si nacerán todos". E9:1889; "porque al tener tantas semillas la bolsa, y al no tener las semillas espacio suficiente para crecer, se pudren o se mueren...". E18:1903; "...porque no hay mucho espacio para que crezcan bien las semillas y otras si crezcan muy bien".
Contigüidad espacial	Cantidad de semillas	2	E1:1870; "...como en la bolsa habían muchas semillas no se podrían reproducir por lo que eran muchas semillas...". E6:1896; "porque las semillas son demasiadas y mucha dificultad tienen para germinar, porque quedan muy juntas y la tierra va a hacer que las

			<i>semillas queden muy juntas, y éstas bolsas (no importa el tamaño) sino la cantidad de semillas".</i>
FASE POSEXPERIMENTAL			
Siembra de 5 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Covariación múltiple	Tierra y espacio	1	E1:4211; <i>"porque tenía poca tierra y la bolsa era muy pequeña para expandirse más las raíces de las semillas".</i>
Covariación múltiple	Espacio, sol y agua	1	E18:4224; <i>"germinarían muy rápido porque la bolsa es muy pequeña y debido a tanto sol y agua no se aguantarían y crecerían".</i>
Contigüidad espacial	Espacio	2	E3:4213; <i>"...iban a crecer porque la bolsa tiene suficientes espacio para ellos".</i> E7:4218; <i>"las semillas pueden germinar más fácil porque la bolsa no es tan pequeña para quedar apeñuscadas".</i>
Contigüidad espacial	Tierra	1	E15:4222; <i>"...depende de la tierra, si echan tierra diferente en las bolsas, no crecerán lo mismo".</i>
Bolsa mediana			
Contigüidad espacial	Espacio	3	E1:4225; <i>"porque algunas semillas no tenían cómo crecer o estaban muy juntas y no sabían cómo".</i> E3:4227; <i>"...porque la bolsa les permitía crecer".</i> E9:4233; <i>"todas no iban a crecer y unas se iban a morir por la bolsa ser mediana".</i>
Covariación múltiple	Espacio y numero de semillas (densidad)	1	E15:4236; <i>"pensaba que iban a crecer poquitas por el espacio, ya que son muchas".</i>
Bolsa grande			
Contigüidad espacial al efecto	Espacio	1	E3:4220; <i>"...yo suponía que en ésta bolsa fueron los que más grandes quedaron "</i>
Covariación múltiple	Espacio y clima	2	E1:4238; <i>"porque las semillas de pronto estaban muy juntas o por el clima que estaba cayendo o les daba".</i> E18:4248; <i>"se van a demorar para crecer porque la bolsa es muy grande y no les va a entrar mucho sol".</i>
Covariación múltiple	Tierra	2	E9:4245; <i>"pensé que iba a ser diferente, si le echaban otra tierra".</i> E15:4247; <i>"pensé que iba a ser diferente, si le echaban otra tierra".</i>

Siembra de 25 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Covariación múltiple	Espacio	1	E9:4256; "algunas se murieron porque no tenían el espacio suficiente para crecer..."
Covariación múltiple	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E18:4260; "...ya las semillas eran muchas para una bolsa tan pequeña..."
Contigüidad espacial	Clima	1	E1:4250; "...porque el clima le caía bien a algunas semillas y crecieron muy bien y otras no".
Covariación múltiple	Tierra	1	E7:4255; "porque la tierra era fértil entonces crecieron demasiado grandes..."
Covariación múltiple	Nutrientes	1	E3:4252; "no salieron todas, pero las que alcanzaron a salir absorbieron los nutrientes de los otros".
Bolsa mediana			
Covariación múltiple	Aire	1	E7:4268; "porque el aire le ayuda a los frijoles a germinar y durante 15 días pueden estar más fértiles".
Covariación múltiple	Espacio	1	E18:4273; "...algunas germinaron porque estaban algunas muy estrechas..."
Covariación múltiple	Agua	1	E6:4267; "...porque al estar echándoles agua ellas germinaron..."
Covariación múltiple	Espacio y tierra	1	E9:4269; "crecieron porque tenían un espacio un poquito más grande y porque las semillas después de estar en la tierra se ponen blanditas como para salir".
Covariación múltiple	Tierra y fertilidad de la semilla	1	E15:4271; "...se demoró para retoñar porque la tierra no era apta para que la semilla retoñara o la semilla era fértil".
Covariación múltiple	Sol y agua	1	E1:4262 "porque a la bolsa le daba mucho sol y...le echábamos agua".
Bolsa grande			
Contigüidad espacial	Espacio	5	E1:4274; "...porque de pronto hay muchas juntas y no tienen cómo crecer y puede que crezcan pocas semillas...". E5:4278; "...salieron torcidos porque la bolsa era angosta y no les daba capacidad para distribuirse". E6:4242; "porque tendrían más espacio". E7:4280; "porque como la bolsa tiene más espacio...". E9:4282; "salieron la mayoría porque la bolsa estaba más grande y con mucho espacio".

Covariación múltiple	Espacio y número de semillas (densidad)	1	E18:4284; "porque son muy poquitas semillas para que germinen en una bolsa tan grande"
Contigüidad espacial	Fertilidad de la semilla	1	E15:4283; "retoñó solo 1 planta, tal vez porque las otras no eran fértiles..."
Contigüidad espacial	Humedad	1	E5:4265; "...fue por el lugar en el que estaban ubicados porque si estaba en donde les entraba mucho sol, las plantas se marchitarían"
Siembra de 50 semillas			
Bolsa pequeña			
Categoría	Factor causal del hecho	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Covariación múltiple	Número de semillas y espacio (densidad)	1	E6:4290; "porque la bolsa era muy pequeña para tantas semillas y no había mucha capacidad..."
Contigüidad espacial	Sol	1	E18:4297; "porque a algunas todavía no les entraba el sol suficiente..."

Fuente: Elaboración propia. 2011.

Una síntesis de las reglas de inferencia empleadas en la solución del problema 3, en la fase experimental y posexperimental se observa en el cuadro 20. Durante las dos fases las reglas de inferencia corresponden a la contigüidad espacial y a la covariación múltiple. Cabe destacar como la covariación múltiple es más frecuente después de haber realizado el experimento.

Cuadro 20. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental

Reglas de inferencia usadas para el desarrollo de semillas y plantas	Pre exp.	Reglas de inferencia usadas para el desarrollo de semillas y plantas	Pos exp.
Contigüidad espacial	33	Contigüidad espacial	36
Covariación múltiple	10	Covariación múltiple	18

Fuente: elaboración propia. 2011.

Durante el problema 4, efectos de la levadura en la descomposición de los alimentos, también se logran identificar las dos variables; la independiente relacionada con la exposición a la acción de levaduras, y la independiente con la fermentación/degradación del plátano expuesto. Las atribuciones encontradas parten de causas vinculadas al ámbito de lo observable, que guardan un contacto directo con

el hecho; es decir, Contigüidad espacial ya que “la causa transmite algo de sí al efecto”; Ejemplo de la fase preexperimental se observa: E6:4526; *"podría tener varios cambios, como que al tener esa sustancia –o sea el hongo- pueda descomponer la rebanada de plátano muy ligero, entonces puede que la rebanada se dañe por la sustancia echada"*, y E15:4530; *"...puede que ésta se pudra más rápido y por los hongos salgan cosas al plátano"*; y durante la fase posexperimental: E1:5289; *"porque la bolsa tenía hongos y por esos hongos le pasaba al plátano lo que le pasaba, como ponerse verde y oler maluco"*, y E18:5311; *"...se va poniendo negro y por los lados duros, también creo que el hongo hizo que le dieran cambios"*. Al igual que el problema 3, también se evidencia el empleo de otra regla de inferencia: Covariación múltiple; preexperimental: , E1:4534; *"...esto pasó porque como el plátano tiene nutrientes, entonces los hongos se alimentan de ellos y por estar tanto tiempo la bolsa tapada la cáscara del plátano puede estar babosa y lamosa"*; y posexperimental: E2:5291; *"porque el hongo se alimenta de cosas buenas y luego las descompone, por eso es que olía feo y el plátano se puso lamoso porque el hongo tiene bacterias que se fueron consumiendo los nutrientes del plátano, y se puso renegrido porque había estado mucho tiempo sin aire"*. La expresión de la regla de covariación múltiple se vincula a la identificación de diferentes variables al efecto producido; en el problema cuatro los efectos los relacionan con presencia del hongo, ausencia de aire y la cáscara de plátano.

Las evidencias se observan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Reglas de inferencia usadas por los estudiantes en las situaciones preexperimental y posexperimental al resolver el problema 4.

PROBLEMA 4 (descomposición por hongo)			
FASE PREEXPERIMENTAL			
Plátano sin hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Ausencia de Aire	6	E1:4482; <i>"...esto pasó porque a la cáscara de plátano no le entraba aire, entonces por eso su cáscara era lamosa y babosa"</i> . E2:4467: <i>"...se secaría el plátano porque está totalmente sellado, y si no se seca se pondría baboso al estar sellado sin que le entre el aire..."</i> . E5:4492; <i>"porque al plátano estar en la bolsa que va a estar totalmente sellada, eso sería lo que produciría la lama y que el plátano se vuelva negro"</i> . E7:4495; <i>"porque el plátano al estar metido ahí 5 días sin aire puede descomponerse rápido"</i> . E9:4496; <i>"porque al estar la rebanada en la bolsa sin recibir ninguna clase de aire se puede secar..."</i> . E18:4482; <i>"...la rebanada de plátano se va a poner dura y negra...babosa y se va a podrir. Esto se da a que está encerrada en la bolsa"</i> .

Contigüidad espacial	Transcurso del tiempo	1	E3:4489; "porque la rebanada no se puede dejar mucho tiempo porque comienza a cambiar el color y a coger un sabor muy maluco como amargo".
Contigüidad espacial	Ausencia de cáscara	1	E: 15:4500; "porque el plátano tiene que tener la cáscara para poder madurar, y como ya no tiene la cáscara...se va a secar".
Plátano con hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Alimentación del plátano y ausencia de aire	1	E1:4534; "... esto pasó porque como el plátano tiene nutrientes, entonces los hongos se alimentan de ellos y por estar tanto tiempo la bolsa tapada la cáscara del plátano puede estar babosa y lamosa".
Contigüidad espacial	Alimentación del hongo	2	E2:4518; "...por estar juntos los hongos con la rebanada de plátano...éstos hongos tomarían los nutrientes del plátano...el plátano estaría seco y perdería su color". E7:4529; "pues si los hongos están vivos podrían comerse el plátano porque ellos se alimentan de él".
Contigüidad espacial	Presencia del hongo	3	E6:4526; "podría tener varios cambios, como que al tener esa sustancia –o sea el hongo- pueda descomponer la rebanada de plátano muy ligero, entonces puede que la rebanada se dañe por la sustancia echada". E9:4549; "porque al la rebanada tener hongo y nada más, yo creo que al cabo de 5 días, solo le saldría lama blanca y se seca...". E15:4530; "...puede que ésta se pudra más rápido y por los hongos salgan cosas al plátano".
FASE POSEXPERIMENTAL			
Plátano sin hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de vec.	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Ausencia de aire	4	E1:5343; "...estaba en una bolsa totalmente cerrada y no le entraba aire, por eso se colocaba pasmado, amarillo y a punto de partirse". E2:5345; " esto sucedió porque el plátano para conservarse debe tener aire para mantenerse bien fuerte y con todos sus nutrientes...por eso se secó". E5:5355; "porque el plátano al estar en una bolsa cerrada 5 días se podría desarrollar bien". E18:5368; "porque...al estar encerrado el plátano 5 días, yo creo que eso fue lo que hizo que el plátano se pasmara y diera esos cambios de ponerse negro por los lados".

Contigüidad espacial	Ausencia de cáscara	1	E9:5362; "porque...el plátano tiene que tener su cáscara para protegerse y al sacar el plátano de su cáscara...se va a secar y pasmar...".
Plátano con hongo			
Categoría	Factor causal cambios en el plátano	No de veces	Enunciados/ causas (teorías)
Contigüidad espacial	Presencia del hongo	3	E1:5289: "porque la bolsa tenía hongos y por esos hongos le pasaba al plátano lo que le pasaba, como ponerse verde y oler maluco". E6:5299; "porque el hongo al estar tantos días allí metido en la bolsa lógicamente suda y pues como el plátano al partirlo quedó como húmedo y pues por ésta razón creo que fue que el hongo al 4º día estaba como agua". E18:5311; "...se va poniendo negro y por los lados duros, también creo que el hongo hizo que le dieran cambios".
Contigüidad espacial	Ausencia de cáscara	1	E15:5309; "porque el plátano siempre necesita la cáscara para no secarse, si no la tiene se iría secando y cambiando de color".
Covariación múltiple	Ausencia de aire y presencia de hongo	1	E5:5296; "porque al estar la bolsa cerrada sin aire y como tenía hongo no se podía madurar la rebanada...".
Covariación múltiple	Sol y presencia de hongos	1	E3:5293; "porque la bolsa estaba en un lugar en donde le entraba un poco de sol...las manchas negras le dieron yo creo que por el hongo".
Covariación múltiple	Presencia del hongo, y ausencia de aire y de cáscara	1	E9:5303; "porque tenía hongos y porque estaba en la bolsa...por eso creo que le pasó lo mismo al plátano porque cuando éste no tiene la cáscara, que es su protección y lo protege de todo lo que le entre o lo perjudique, entonces por eso creo que se pasmó la rebanada".
Covariación múltiple	Ausencia de aire, y alimentación de hongos y bacterias	1	E2:5291; "porque el hongo se alimenta de cosas buenas y luego las descompone, por eso es que olía feo y el plátano se puso lamoso porque el hongo tiene bacterias que se fueron consumiendo los nutrientes del plátano, y se puso renegrido porque había estado mucho tiempo sin aire".

Fuente: Elaboración propia. 2011.

Una síntesis de las reglas de inferencia empleadas en la solución del problema 4, en la fase experimental y posexperimental se observa en el cuadro 22. En las dos

condiciones las reglas de inferencia corresponden a la contigüidad espacial y a la covariación múltiple.

Cuadro 22. Síntesis de las reglas de inferencia utilizadas en el control y el experimento en sus fases preexperimental y posexperimental

Reglas de inferencia usadas para el control (plátano sin hongo)	Pre Exp.	Pos exp.	Reglas de inferencia utilizadas para el experimental (plátano con hongo)	Pre exp.	Pos exp
Contigüidad espacial	3	2	Contigüidad espacial	2	2
Covariación múltiple	0	0	Covariación múltiple	1	4

Fuente: Elaboración propia. 2011

A continuación, en los cuadros 23 y 24, se establece un resumen de los resultados obtenidos por problema, frente a las categorías de análisis planteadas (teorías y reglas de inferencia), tanto para el momento preexperimental como posexperimental.

Cuadro 23. Resumen de los resultados en la fase preexperimental

Problema	Teorías				Reglas de inferencia			
	La misma causa se sigue siempre de los mismos efectos	La causa precede o es simultánea al efecto	Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	La causa transmite algo de sí misma al efecto	Covariación	Contigüidad temporal	Covariación múltiple	Contigüidad espacial
1	0	0	0	5	0	0	0	5
2	0	0	0	6	0	0	0	6
3	0	0	14	28	0	0	10	33
4	0	0	0	6	0	0	1	5

Fuente: Elaboración propia. 2011

El cuadro 23 hace evidente que en la mayoría de los casos las atribuciones causales de la fase preexperimental se refieren a la variable dependiente, exposición; y que emplean, como regla de inferencia, para establecer la relación entre la causa y el efecto, la “*contigüidad espacial*”, cuya interpretación según Pozo es que “*que la causa transmite algo de sí misma al efecto*”⁴⁸. Se hace menos evidente el uso la teoría causal por medio de la cual “un mismo hecho puede tener más de una causa distinta”, y con ella su respectiva inferencia causal: “Covariación múltiple”. El uso de teorías

⁴⁸ POZO, Juan. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Visor libros, Madrid. 1987.p.67

causales como: “la misma causa se sigue siempre de los mismos efectos” y “la casusa precede o es simultánea al efecto”, se hace ausente dentro de la investigación; y con ellas la existencia de sus inferencias causales correspondientes: “covariación” y “contigüidad temporal”.

Cuadro 24. Resumen de los resultados en la fase posexperimental

Problema	Teorías				Reglas de inferencia			
	La misma causa se sigue siempre de los mismos efectos	La causa precede o es simultánea al efecto	Un mismo hecho puede tener más de una causa distinta	La causa transmite algo de sí misma al efecto	Covariación	Contigüidad temporal	Covariación múltiple	Contigüidad espacial
1	0	0	0	8	0	0	0	8
2	0	0	0	6	0	0	0	6
3	0	0	28	26	0	0	18	36
4	0	0	4	4	0	0	4	4

Fuente: Elaboración propia. 2011

El cuadro 24, en el cual se evidencian las teorías e inferencias causales usadas por los estudiantes durante el posexperimental, refleja la misma tendencia hallada en el cuadro 22.

6.3. INTERPRETACIÓN Y ARTICULACIÓN DE LAS CATEGORÍAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE PENSAMIENTO CAUSAL

El análisis de las categorías objeto de la investigación (Teorías e Inferencias Causales), desde el modelo de pensamiento causal de Pozo, pretende dilucidar el o los modelos de pensamiento causal de estudiantes de 7º grado evidentes durante el proceso de resolver problemas usando métodos experimentales.

De acuerdo con lo identificado sobre dichas categorías de análisis se encuentra que en los problemas 1,2 y 4 no existen diferencias entre las teorías e inferencias usadas en la fase preexperimental y la fase posexperimental. En general los estudiantes:

- Identifican las variables independientes y dependientes. Dicha identificación se restringe a las interacciones físicas de la variable independiente y de las manifestaciones físicas del efecto o variable dependiente.
- A través de la observación se describen los cambios físicos (incluyendo los organolépticos) que tuvieron lugar desde el inicio hasta el final del experimento. En

todos los casos las atribuciones causales de la fase preexperimental se refieren a la variable dependiente, exposición (cuadro 23).

- Emplean, como regla de inferencia, para establecer la relación entre la causa y el efecto, la “*contigüidad espacial*” cuya interpretación según Pozo es que “*que la causa transmite algo de sí misma al efecto*”⁴⁹.

En estos tres problemas el nivel de conocimiento, que tienen los estudiantes, sobre la composición del aire - en términos físicos, químicos, biológicos - y su posible relación con los fenómenos observados limita una atribución de causalidad desde una perspectiva compleja, y de un efecto vinculable con la naturaleza de las relaciones y reacciones desencadenadas con la puesta en marcha del experimento.

Los enunciados de los estudiantes, respecto a las teorías causales de los fenómenos previstos y verificados, incluyen consideraciones que se acercan a las perspectivas iniciales que se han planteado en el desarrollo de las ciencias. Tal es el caso de la evaporación, y de la descomposición de la materia orgánica.

Respecto a la regla de inferencia en todos los casos se identificó la de “*contigüidad espacial*”. Al respecto Bullock y Baillargeon, señalan que de acuerdo a los estudios realizados se muestra que “*todos los sujetos preescolares y adultos, elegían siempre el suceso en contacto espacial con el efecto, independientemente de su relación temporal*”⁵⁰. En perspectiva evolutiva, Pozo referencia, desde Piaget⁵¹ que los conocimientos causales tienen relación con la especialización sensoriomotriz; y desde Keil⁵² que tales conocimientos se restringen sólo al ámbito de lo observable, como lo espacial. Prima aquí la teoría de la transmisión generativa.

Una excepción se da en el problema 3. Aunque en su solución se mantiene la dependencia de las observaciones empíricas tanto para la atribución causal como para el efecto; por tratarse de un problema en que se podían identificar varias variables independientes, se observó lo siguiente:

- En la fase preexperimental los estudiantes identifican una o más variables independientes como factores relacionados con la germinación de las semillas. Las atribuciones causales son referidas a tales factores.

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 67.

⁵⁰ BULLOCK, M. y BAILLARGEON, R. Relative temporal and spatial contiguity in causal judgements, citado por POZO, Juan. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Visor libros, Madrid. 1987. p. 94.

⁵¹ PIAGET, J. La causalité physique chez l'enfant, citado por POZO, Juan. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Visor libros, Madrid. 1987. p. 94.

⁵² KEIL, F. “The development of the young child's ability to anticipate the outcomes of simple causal events”, citado por POZO, Juan. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Visor libros, Madrid. 1987. p. 94.

- Igualmente, se identifica la variable dependiente con base en las características que se presentan en el desarrollo de los frijoles en las bolsas de diferente tamaño.
- Respecto de las regla de inferencia utilizadas, en la fase preexperimental y posexperimental corresponden a la “*contigüidad espacial*” y la “*covariación múltiple*”. Esta última se incrementa, levemente, en la fase posexperimental y responde a la puesta en evidencia de una situación en la que están involucrados varios, diferentes e incluso complementarios factores.

Resulta interesante señalar que en la solución del problema 3 la “*covariación múltiple*” se presenta en la situación preexperimental y posexperimental, permitiendo señalar que en este problema varios estudiantes logran establecer la interdependencia entre algunas de las variables del experimento (cuadro 11).

La comparación de los resultados (cuadros 23 y 24), entre las reglas de inferencia usadas en la solución de los problemas 1, 2 y 4, y las usadas en la solución del problema 3, permiten señalar que el uso de las reglas de inferencia se realiza en función del contexto de la tarea ya que las situaciones planteadas en los problemas 1, 2 y 4, en particular el problema 2, restringieron las inferencias a la “*contigüidad espacial*”, debido a la presencia de un menor número de variables independientes y del nivel de conocimiento de los fenómenos. En cambio en el problema 3 en el que fue posible someter a prueba el efecto de varias variables independientes sobre el fenómeno movilizó la regla de inferencia “*contigüidad espacial*” a la de “*covariación múltiple*”.

Por lo anterior, se puede afirmar que las reglas de inferencia utilizadas se relacionan o dependen de las teorías causales. A este respecto, según Pozo, las reglas de inferencia son “*un medio subordinado a la comprensión y mejor predicción de los fenómenos causales*”⁵³. Frente a problemas de causalidad simple, que se pueden resolver desde la experiencia cotidiana, tanto las atribuciones causales como las reglas de inferencia, tendrán esa característica. Sin embargo, frente a problemas que tienen diferentes causas que se resuelven, incluso, desde la misma experiencia, las atribuciones causales y las reglas de inferencia muestran un predominio de la “*covariación múltiple*”.

Respecto a los principios causales, no se hace alusión a ellos, ya que a la base de las reglas de inferencia, se encuentran los principios, según Pozo⁵⁴. Para el caso de la “*contigüidad espacial*” el principio es la transmisión generativa, que significa: la causa transmite algo de sí misma al efecto. En el caso de la “*covariación múltiple*” el principio es la condicionalidad; su significado es que un mismo hecho puede tener más de una causa distinta. El mismo Pozo señala que en las pocas investigaciones que se han hecho para estudiar si hay conflictos entre reglas y principios se ha

⁵³ POZO, Juan. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Visor libros, Madrid. 1987. p.117.

⁵⁴ Ibíd., p. 67.

encontrado una primacía inviolable de los principios. Según Shultz⁵⁵, citado por Pozo, el principio de “*transmisión causal*” es prioritario respecto de todas las reglas disponibles en el preescolar, esta conclusión, al parecer, también aplica a los escolares con los que se realizó el estudio.

Realizadas las anteriores consideraciones y, a partir de los resultados de la investigación, se concluye que no es posible señalar que exista un modelo de pensamiento causal predeterminado en el grupo de estudiantes con el que se realizó el trabajo de campo. Si bien se observa un comportamiento similar en todos los problemas usados para el estudio, la manera como se afrontan tanto en la fase preexperimental como posexperimental muestran, más bien, que el modelo se construye en el proceso de la resolución del problema y que depende de las características de la tarea, de la experiencia o conocimientos que se tengan sobre el fenómeno a estudiar, de las características de la interacción y del nivel de conocimientos “científicos” que se tengan sobre los fenómenos.

Si bien no es objeto de la investigación valorar las teorías utilizadas por los niños, ni tratar de influir en su evolución, con los actuales desarrollos de la ciencia, los procesos de atribución causal vinculan de manera sistémica conceptos adscritos a diversos campos de la ciencia (biológicos, físicos y/o químicos). Estos conceptos, por no ser parte de los instrumentos de los niños y por no haber sido mediadores entre la fase preexperimental y posexperimental limitan las posibilidades de reinterpretación de lo observado.

Desde esta perspectiva, más que hablar de modelos de pensamiento causal, se puede afirmar que tales modelos se van construyendo como parte y producto de la actividad realizada, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza, y que pueden responder según Carretero⁵⁶ “*a un modelo no muy coherente y estable sino más bien a una representación puntual y difusa que se crea sobre la marcha y en función del problema que el alumno tiene que resolver*”.

Si se acepta lo anterior, el desarrollo de pensamiento causal basado en los fundamentos propios de la ciencia, es el producto de la forma en que los procesos cognoscitivos se ven conformados en la actividad por elementos que incluyen las percepciones, significados e interacciones de los estudiantes con el entorno sociocultural. En este horizonte el o los modelos de pensamiento causal son producto y resultado de procesos que parten de la premisa de que el conocimiento es situado⁵⁷ y sobre el cual no se profundizará en este aparte.

⁵⁵ SHULTZ, T. “Rules of causal attribution”, citado por POZO, Juan. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Visor libros, Madrid. 1987. p. 78.

⁵⁶ CARRETERO, M. Construir y enseñar las Ciencias experimentales. Argentinian: Aiqué, 1997.p.5.

⁵⁷ Los teóricos de la cognición situada, parten de la premisa de que el conocimiento es situado, es parte y producto de la actividad, del contexto y de la cultura en que se desarrolla y utiliza. El paradigma de la cognición situada representa una de las tendencias actuales más representativas y promisorias de la

Una descripción del modelo de solución de problemas por vía experimental se presenta en la figura 1.

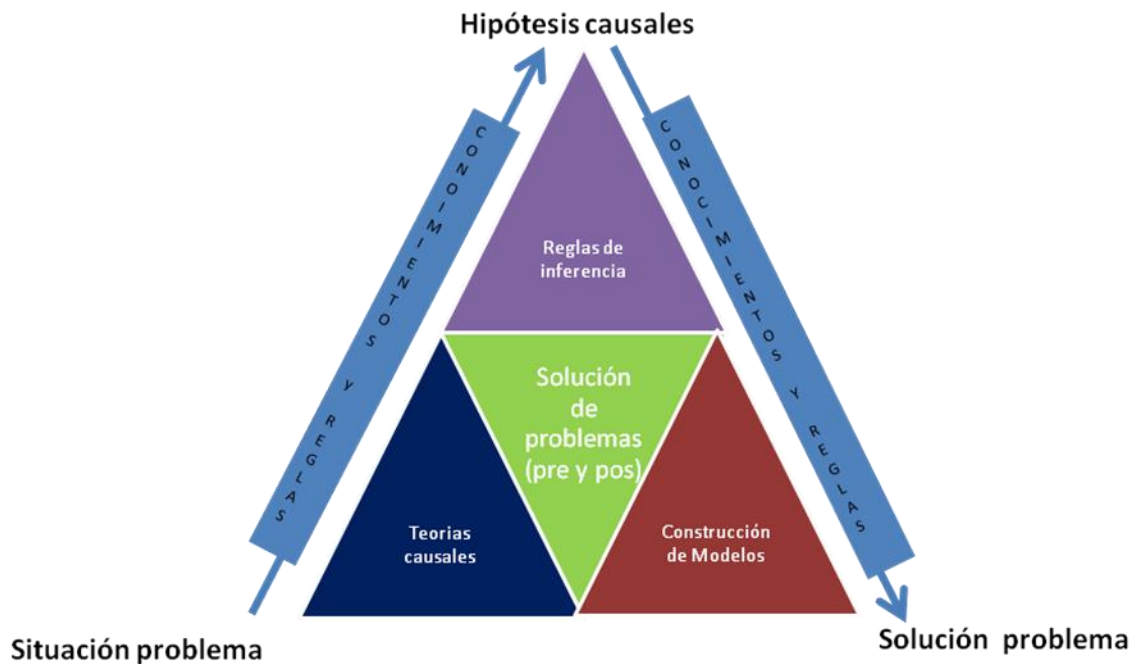


Figura 1. La mediación de la experimentación en el proceso de construcción del pensamiento causal en el marco de la enseñanza de las ciencias

teoría y la actividad sociocultural (Daniels, 2003). Toma como punto de referencia los escritos de Lev Vygotsky (1986; 1988) y de autores como Leontiev (1978) y Luria (1987) y más recientemente, los trabajos de Rogoff (1993), Lave (1997), Bereiter (1997), Engeström y Cole (1997), Wenger (2001), por citar sólo algunos de los más conocidos en el ámbito educativo (citados por Vargas, de E, 2005)

7. CONCLUSIONES

La teoría causal usada con mayor frecuencia por los estudiantes de la muestra experimental, es “la causa transmite algo de sí misma al efecto”; se hace menos evidente el uso de la teoría causal relacionada con “un mismo hecho puede tener más de una causa distinta”; y no se presenta evidencias de las teorías causales: “la misma causa se sigue siempre de los mismos efectos” y “la causa precede o es simultánea al efecto”.

De tal manera, teniendo en cuenta que las reglas de inferencia utilizadas se relacionan o dependen de las teorías causales, se encuentra que dentro de tales reglas las más empleadas por dichos estudiantes son: “contigüidad espacial” y “covariación múltiple”, la primera de ellas con mayor representatividad. El uso de las reglas de inferencia: “covariación” y “contigüidad temporal”, es inexistente dentro de la muestra.

Respecto a los principios causales, y considerando que están a la base de las reglas de inferencia, se halla que dentro de la muestra se presentan: “condicionalidad” y “transmisión generativa”; siendo ausente el uso de “constancia” y asimetría.

No se construyó un Modelo de Pensamiento Causal dada la dependencia de las teorías causales y las inferencias de los problemas planteados. Si bien el proceso llevado a cabo en la investigación no tiene como resultado uno o unos modelos de pensamiento causal, la dependencia de tales modelos de las características de la tarea, los conocimientos y el contexto de la actividad, si permite inferir que la actuación de los escolares está mostrando la plausibilidad de construir modelos de pensamiento causal con el conocimiento científico disponible, si las mediaciones culturales y en particular la del profesor, proveen los instrumentos y andamiajes requeridos para la movilización integrada del pensamiento.

En esta perspectiva los modelo de solución de problemas por la vía del planteamiento de hipótesis, diseño de experimentos, observación y análisis orientados a postular y verificar atribuciones causales, son un instrumento, que al poner en relación las reglas de inferencia y las teorías (conocimientos) en el proceso de plantear hipótesis, favorecen, que en la ruta que va de la hipótesis al resultado del experimento, se construyan modelos de pensamiento causal más complejos, integrados y coherentes con las teorías científicas.

Pero eso no ocurre al margen de una interacción “calificada” entre los procesos e instrumentos de experimentación y la mediación del profesor ya que como señalan Giordan y Vecchi: *“las posibilidades de que una persona pueda descubrir por sí sola un conjunto de datos son casi nulas, si no se coloca en situaciones adecuadas, si no se pone a su disposición cierto número de elementos sucesivos (argumentos,*

*modelos), que puedan interferir con su proceso'*⁵⁸. Se trata de acercar las posibles atribuciones casuales posexperimentales al saber conceptual. Y es, en este proceso, que cobra relevancia didáctica el conocimiento de la historia de ciencia que se transpone en el aula con el fin de:

- Ubicar las teorías y reglas de inferencia de los estudiantes.
- Caracterizar las teorías de los estudiantes a la luz de la evolución de la ciencia en la respectiva área de conocimiento.
- Poner en evidencia otras teorías y enfoques que motiven y promueven la apropiación de nuevas perspectivas para la atribución causal y la movilización de las reglas de inferencia.
- Promover la discusión y análisis de las diferentes perspectivas aplicadas a la solución del problema y su pertinencia.

⁵⁸ GIORDAN, André y VECCHI, Gèrard. Los orígenes del saber: de las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla: Díada, 1995. p.170.

BIBLIOGRAFÍA

BAEZ, Oswaldo. El pensamiento científico y el desarrollo social. Perú. 2006. Disponible en: <http://www.voltairenet.org/article134799.html>

BARTOLOME, Antonio. Concepción de la tecnología educativa e finales de los ochenta. Departamento de Didáctica y Organización Educativa. Universidad de Barcelona. 2003. disponible en: http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=6902

CALABUIG, Gisbert. Medicina legal y toxicología. España: Gràfiques, 2005. 254 p.

CARRETERO, M. Construir y enseñar las Ciencias experimentales. Argentinian: Aiqué, 1997. 5 p.

CASTILLA, M. y LOPEZ, C. Los roles del docente en la educación médica. 2007. 9 p.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Costa Rica, 2001. 6, 65 p.

CHIRINOS, Ricardo. El problema de la explicación en la ciencia. Las explicaciones causales en Van Fraassen. Universidad del Zulia. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Maracaibo, s.a. 142 p.

DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid: Morata, 1989. s.p.

DEL BARRIO, Cristina. La comprensión infantil de la enfermedad: un estudio evolutivo. Madrid: Anthropos: 1990. 47, 48 p.

DESLAURIERS, Jean Pierre. La investigación cualitativa: Guía Práctica. La recolección de las informaciones. Editorial Papiro: Pereira: 2004. 6, 46 p.

DESPRETZ, Cesar. Tratado completo de física. Universidad Complutense. Tercera edición. Tomo I. Madrid, 1844.s.p.

DUARTE, Carlos. Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 2006. 19 p. 19. Disponible en: <http://www.csic.es/documentos/colecciones/divulgacion/cambioGlobal.pdf>

- EDWARDS, Derek y MERCER, Neil. El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula. Barcelona: Paidós Ibérica, 1988. 32 p.
- ELLIOTT, John. 2000. La investigación-acción en educación. Madrid. Universidad de Málaga. Edición cuarta. Morata. 25, 26 p.
- FUNDACIÓN INSTITUTO DE LAS CIENCIAS DEL HOMBRE. La observación del trabajo escolar: estrategias e instrumentos. 4 p. Disponible en: <http://www.oposicionesprofesores.com/biblio/docueduc/LA%20OBSERVACI%20N%20DEL%20TRABAJO%20ESCOLAR.pdf?PHPSESSID>
- GARCIA, Juan A. Entrevista a Philip N. Johnson Laird. UNED. Facultad de psicología. Madrid. 1988. 317 p.
- GARCIA, M. Análisis y modelización causal en sociología. España, 1985. 3 p.
- GAVINATO, Gian Carlo. Producir conocimiento científico hoy en la escuela. Kikiriki (9). Disponible: http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloU.visualiza&articulo_id=8809
- GIL, Ángel. Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Madrid: Editorial médica panamericana, 2010. 178, 184 p.
- GIORDAN, André y VECCHI, Gèrard. Los orígenes del saber: de las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla: Díada, 1995. 170 p.
- GRECA, I.M y MOREIRA, M.A. Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. Instituto de Física, UFRGS. Porto Alegre, RS. Brasil. 111, 290 p.
- GUTIERREZ, Rufina. Coherencia del pensamiento espontáneo y Causalidad. El caso de la dinámica elemental. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE. MADRID, 1994. 8, 13, 14, 17, 76, 112 p.
Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=15800>
- HERRERA, Wilson y GAMBOA, Camila. Kant: defensa y límites de la razón. Centro editorial universidad del Rosario. Universidad colegio mayor de nuestra señora del rosario. Bogotá. 2005. 86 p.
- IMBERNON, Francisco. La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado. 2002. 3 p.
- JARAMILLO, Juan. Lo humano de los genios. Costa Rica: Editorial de la universidad de Costa Rica, 2003. 210 p.

JIMÉNEZ, G.; LLOBERA, R. y LLITJÓS, A. "La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura", citado por JIMENEZ, Gregorio. Obtención de notas individuales a partir de una nota de grupo mediante una evaluación cooperativa. 2006. 1 p.

LAZO, Carmen. Análisis de la Audiencia Infantil: de receptores de la televisión a perceptores participantes. España, 2005. 126 p.

LIBES, Antonio. Tratado de física completo y elemental. Tomo segundo. Barcelona, 1821. 116 p.

MELO, J. Observación, comprensión y aprendizajes desde la ciencia. Colombia: 2004. Altablero. Ministerio de Educación Nacional. Disponible en Internet: <http://www.mineduacion.gov.co/1621/article-87456.html>. ministerio de Educación Nacional.

MILER, Tyller. Ciencia Ambiental: desarrollo sostenible un enfoque integral. Edición 8. 2007. 274 p.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Estándares Básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales. Serie guía No. 7. 13,150 p.

----- . Ley General de educación. 1994.

----- . Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales Preguntar para aprender. Altablero N° 30. Junio-Julio. 2004. Disponible en: <http://www.mineduacion.gov.co/1621/propertyvalue-31329.html>

----- . Lineamientos curriculares, ciencias naturales y educación ambiental. Santa fe de Bogotá, 1998. 27, 40,156 p.

MOODLE. Seminario de investigación pedagógica y educativa estrategias, técnicas e instrumentos de obtención de información. Muestreo Cuantitativo. Disponible en: http://moodle.utp.edu.co/file.php/622/Muestras_en_disenos_cuantitativos.ppt#263

MORALES, Cristina. Propuesta de un sistema de clases de ciencias naturales para el uso de la enseñanza problémica en el desarrollo del pensamiento crítico y creativo en la escuela primaria del medio indígena. México: 2001. Disponible en Internet: <http://redderdes.upn.mx/ponencias/cristina.htm>.

MOSQUERA, Carlos Javier. De los contenidos a los contenidos de enseñanza: el tránsito de propósitos culturales a propósitos educativos. Módulo: Seminario Fundamentación y Conocimiento de las didácticas. 2008.p. 22. Maestría en Educación. UTP. 2008. 10 p.

NUÑEZ, José y GONZALEZ, Julio. Determinantes del rendimiento académico. Universidad de Oviedo. 1994. 218 p.

PACHECO, Miguel. La resolución de problemas como estrategia pedagógica en centros de educación no formal. En: XIII CONGRESO NACIONAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TÉCNICA, DIVULGACIÓN, AGUA, ENERGÍA Y BIODIVERSIDAD. (13º:2004: Villahermosa, Tabasco (México): 2004. Disponible en Internet:

<http://scholar.google.es/scholar?hl=es&lr=&q=pacheco+mu%C3%B1oz+La+resoluci%C3%B3n+de+problemas+como+estrategia+pedag%C3%B3gica+en+centros+de+educaci%C3%B3n+no+formal.+XIII+%E2%80%A6&btnG=Buscar&lr=>.

PERALES, José. Aprendizaje de relaciones de contingencia y causalidad. España: 1999. Universidad de Granada. s.a.

PIAGET, Jean. Seis estudios de psicología. 7 p.

PINTÓ, R.; ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R. Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona. 222 p.

POZO, Juan. Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal. Visor libros, Madrid. 1987. 17, 25, 28, 49, 59, 67, 70, 89, 94, 98, 117 p.

-----, La solución de problemas. La solución de problemas en ciencias de la naturaleza. España: 1994. Editorial Santillana. Departamento de psicología básica. Facultad de psicología. Universidad Autónoma de Madrid. 25, 54 p.

POZO, Juan y Gómez, Miguel. Aprender y enseñar ciencia del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata. 2000. 76 p.

PRIETO, Carlos. Basuras: manejo y transformación práctico-económico. Editorial Kimpres Ltda. Bogotá. 2003. 2 p.

PUCHE, Rebeca; COLINVAUX, Dominique y DIBAR, Celia. El niño que piensa: un modelo de formación de maestros. Universidad del valle. Artes gráficas del valle editores - impresiones LTDA. Cali. 2001. 25, 61 p.

RABINO, María. Una propuesta para secuenciar contenidos en ciencias naturales desde una perspectiva Lakatosiana. Universidad FASTA, Mar del Plata, Argentina.p.1. Disponible en: www.rieoei.org/deloslectores/317Rabino.pdf

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, disponible en: <http://www.rae.es/rae.html>

REGUERA, Isidoro. Teorías actuales de la causalidad -en Filosofía de la Ciencia.1977.p2. Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCM/revistas/fsl/02112337/articulos/ASHF8080110355A>.

SAAVEDRA, Quilmes. Teorías en psicología social. Buenos Aires. Disponible en: <http://www.psicosocialdelsur.com.ar/>

SANCHEZ, Margarita. Desarrollo de Habilidades del Pensamiento: procesos básicos del pensamiento: guía del instructor. México Trillas. 1991 (reimp. 1999). 290 p.

SILVA, Juan. La Interacciones en un entorno virtual de Aprendizaje para la Formación continua de docentes de enseñanza básica. Universitat de Barcelona. Departamento de Teoría e Historia de la Educación. 2007. p.12. Disponible en: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0713107-120211>

TREAGUST, D.F.; CHITTLEBOROUGH, G.D. y MAMIALA, T.L. Comprensión de los estudiantes acerca de la naturaleza descriptiva y predictiva de los modelos escolares en química orgánica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2004), Vol. 2, Nº 2, 272 p.

VIDAL, Angie. La Tecnología Educativa. Perú. Disponible en: <http://www.educar.org/articulos/tecnologiaeducativa.asp>

ANEXOS

ANEXO A. EXPERIMENTOS

Experimento N°1

21

Francesco Redi, que vivió en el siglo XVII, realizó repetidas veces el siguiente experimento: tomó dos recipientes limpios y los llenó con pedazos de carne. Dejó uno de los recipientes abierto y cubrió el otro con una gasa para evitar que las moscas entraran. Cuidó que los recipientes y el tipo de carne fueran iguales, y que estuvieran en el mismo lugar. Al cabo de varios días observó que había algunas larvas con apariencia de gusanos sobre la carne que estaba en el recipiente abierto. No encontró ninguna en el recipiente cubierto con gasa. ¿Qué pretendía investigar Redi con este experimento?

- ☐ A ¿Por qué aparecen las larvas en la carne?
- ☐ B ¿Por qué la gasa es un buen aislante?
- ☐ C ¿Cómo se alimentan las moscas?
- ☐ D ¿Cómo se reproducen las larvas?

DC6.B3.IT06

Experimento N°2

12

Dos frascos idénticos que contenían la misma cantidad, uno de agua y el otro de alcohol, quedaron destapados encima de una mesa, al sol. Pocas horas después, se observó que ambos frascos tenían menos líquido, y que quedaba menos alcohol que agua.

¿Que conclusión se pudo obtener de esta observación?

- ☐ A Todos los líquidos se evaporan.
- ☐ B Ningún líquido se evapora a la misma temperatura que otro.
- ☐ C El agua y el alcohol sólo se evaporan al sol.
- ☐ D El alcohol se evapora, al sol, más rápidamente que el agua.

DC6.B3.IT12

Experimento N°3

Tamaño del recipiente	Número de semillas				
	5	25	100	250	500
Chico	5	25	100	250	500
Mediano	5	25	100	250	500
Grande	5	25	100	250	500

Experimento N°4.

Materiales:

- Plátano
- 2 bolsas de plástico para alimentos, con cierre hermético
- levadura seca en polvo
- cuchara para medir de 5 ml (1 cucharadita)
- marcador negro

Procedimiento:

- Pídele a un adulto que corte dos rebanadas de plátano
- Pon una rebanada de plátano dentro de cada bolsa de plástico
- Espolvorea media cucharadita de levadura sobre una de las rebanadas del plátano
- Cierra las dos bolsas
- Marca la bolsa que tiene levadura con la letra L
- Revisa cada bolsa durante una semana. ¿Cuál rebanada de plátano muestra la descomposición mayor y más rápida?

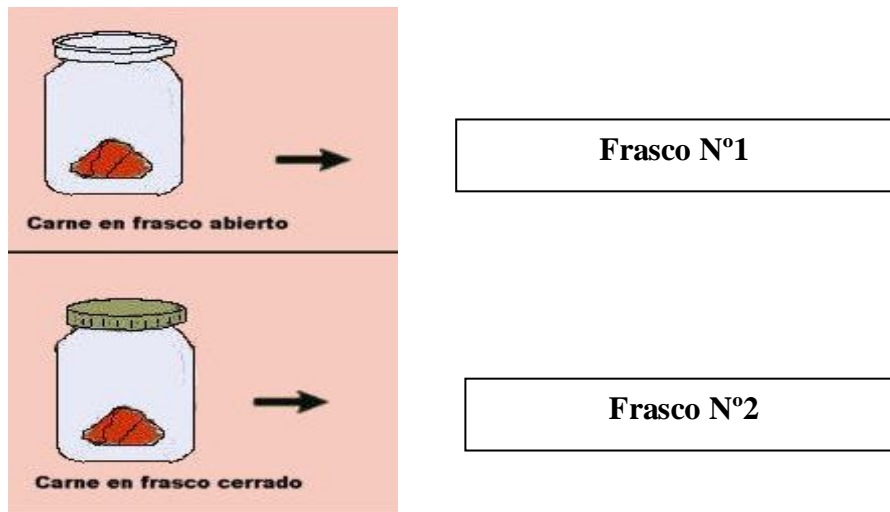
ANEXO B. PROTOCOLO GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS

Pasos necesarios para solucionar un problema	Instrumento usado	Estrategias o heurísticos
1. Comprender el problema	Cuestionario (forma individual)	Descripción de situación experimental
		Formulación de hipótesis con respecto a las relaciones causales de la situación descrita
		Argumentos a favor de hipótesis planteada
2. Concebir un plan	Cuestionario (forma individual)	Planteamiento de experimentos que corroboren la hipótesis de relaciones causales planteadas
3. Ejecutar el Plan	Bitácora de trabajo	Adecuación de espacio para la realización del experimento propuesto
		Conformación grupos de 2 estudiantes
		Puesta en marcha del experimento por cada grupo
		Registro diario, durante el tiempo estimado para cada experimento, en bitácoras de trabajo.
4. Visión retrospectiva	Socialización y exposición de posters	Descripción de los resultados experimentales obtenidos en cada experimento.
		Análisis individual del(os) probables(s) nexos(s) causal(es) que logre(n) explicar los resultados experimentales.
		Verificación de hipótesis, comparando los resultados esperados (en la etapa de comprender el problema) con los resultados obtenidos en la ejecución del plan.

ANEXO C. CUESTIONARIO 1

Experimento N°1

1. Observa



2. Analiza la situación

2.1 Situación 1

2.1.1 El frasco N°1 se deja destapado con un trozo de carne adentro durante 10 días. ¿Qué crees que sucederá al interior de dicho frasco al paso de varios días?

2.1.2 Dibuja la situación que acabas de plantear:

2.1.3 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

2.1.4 ¿Cómo probarías lo que acabas de escribir?

2.1.5 Dibuja lo que acabas de plantear

2.2 Situación 2

2.2.1 El frasco N°2 se deja tapado con un trozo de carne adentro. Durante 10 días. ¿Qué crees que sucederá al interior de dicho frasco al paso de varios días?

2.2.2 Dibuja la situación que acabas de plantear:

2.2.3 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

2.2.4 ¿Cómo probarías lo que acabas de escribir?

2.2.5 Dibuja lo que acabas de plantear

2.3 situación 3

2.3.1 Si comparas lo que sucedió dentro del frasco N°1 con lo sucedido en el frasco N°2 al cabo de 10 días, ¿Crees que existan diferencias?

SI

NO

2.3.2 Si tu respuesta es **SI**, menciona las diferencias que se pueden observar entre los dos frascos.

2.3.3 Dibuja la situación que acabas de plantear.

2.3.4 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

2.3.5 Si tu respuesta es **NO**, explica por qué crees que después de algún tiempo no existen diferencias entre lo que pasó al interior del frasco N°1 y del N°2.

ANEXO D. ESQUEMA BITÁCORA EXPERIMENTO N°1

DÍA N°	
Fecha: Nombre del observador:	
Frasco destapado	Frasco con tapa
<u>Observación 1</u> <u>Hora:</u>	<u>Observación 1</u> <u>Hora:</u>
<u>Observación 2</u> <u>Hora:</u>	<u>Observación 2</u> <u>Hora:</u>
Cambios o Novedades:	Cambios o Novedades:

Se realizarán 2 observaciones por día, durante 10 días; ajustándose al esquema preestablecido.

ANEXO E. CUESTIONARIO 2

Visión retrospectiva de la comprensión de los problemas N°1 y N°2

1. ¿Cómo pensaste que resultaría el experimento dentro del frasco N°1 antes de haberlo realizado?
2. ¿Por qué creías que la situación en el frasco N°1 se daría como lo acabas de mencionar?
3. ¿Cómo pensaste que resultaría el experimento dentro del frasco N°2 antes de haberlo realizado?
4. ¿Por qué creías que la situación en el frasco N°2 se daría como lo acabas de mencionar?
5. Antes de realizar el experimento ¿creías que existirían diferencias entre el frasco N°1 y N°2?
6. Explica la respuesta anterior, mencionando el por qué.

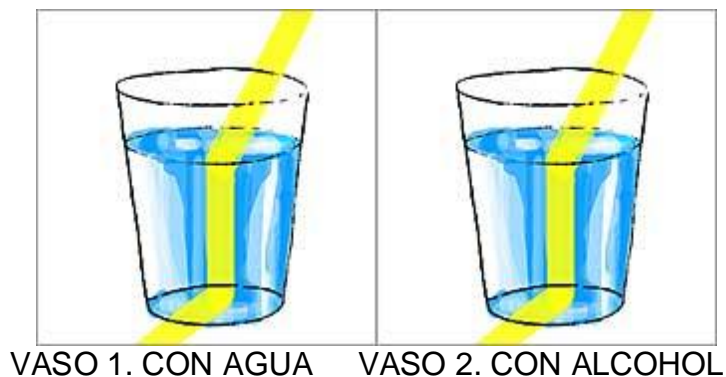
Visión retrospectiva de la Ejecución del Plan de los problemas N°1 y N°2

7. Ayudado(a) con tu bitácora de trabajo, describe la situación que observaste durante 10 días con el experimento dentro del Frasco N°1
8. ¿Por qué crees se dio la situación que acabas de mencionar?
9. Ayudado(a) con tu bitácora de trabajo, describe la situación que observaste durante 10 días con el experimento dentro del Frasco N°2.
10. ¿Por qué crees se dio la situación que acabas de observaste dentro del frasco N°1?
11. Dentro del frasco N°1 y N°2 se dieron situaciones diferentes?
12. Explica la respuesta anterior, mencionando con gran detalle el por qué

ANEXO F. CUESTIONARIO 3

Experimento N°2

1. Dos vasos de vidrio quedaron destapados 10 días con igual cantidad de agua y de alcohol. En cada uno había 10 centímetros cúbicos de los líquidos mencionados.



3. Describe qué puede pasar, después del tiempo mencionado, con el líquido contenido en cada uno de los vasos.
4. Dibuja la situación que acabas de plantear.
5. ¿Por qué crees que sucedió lo que acabas de dibujar?
6. ¿Qué efecto tiene el aire sobre el agua?
7. ¿Por qué crees que ocurre lo que acabas de mencionar?
8. ¿Qué efecto tiene el aire sobre el alcohol?
9. ¿Por qué crees que ocurre lo que acabas de mencionar?
10. ¿Cómo probarías que lo que dibujaste con anterioridad es lo que sucederá?
11. Dibuja cómo llevarías a cabo lo que acabas de proponer.

ANEXO G. ESQUEMA BITÁCORA EXPERIMENTO N°2











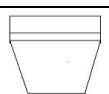
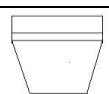
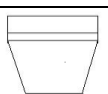
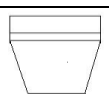
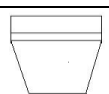
DÍA N°	
Fecha: Nombre del observador:	
Vaso con agua	Vaso con alcohol
<u>Observación 1</u> <u>Hora:</u>	<u>Observación 1</u> <u>Hora:</u>
<u>Observación 2</u> <u>Hora:</u>	<u>Observación 2</u> <u>Hora:</u>
Cambios o Novedades:	Cambios o Novedades:

Se realizarán 2 observaciones por día, durante 10 días; ajustándose al esquema preestablecido.

ANEXO H. CUESTIONARIO 4

Experimento 3.

Se hace una siembra de frijoles, siguiendo el siguiente esquema:

A	B	C	D	E
5 SEMILLAS	25 SEMILLAS	50 SEMILLAS	100 SEMILLAS	250 SEMILLAS
				
				
				

1. Observa la columna A. ¿Qué crees que sucederá al interior de cada una de las bolsas al paso de 15 días?

1.1 Dibuja la situación que acabas de plantear:

1.2 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

2. Observa la columna B. ¿Qué crees que sucederá al interior de cada una de las bolsas al paso de 15 días?

2.1 Dibuja la situación que acabas de plantear

2.2 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

3. Observa la columna C. ¿Qué crees que sucederá al interior de cada una de las bolsas al paso de 15 días?

3.1 Dibuja la situación que acabas de plantear:

3.2 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

4. Observa la columna D. ¿Qué crees que sucederá al interior de cada una de las bolsas al paso de 15 días?

4.1 Dibuja la situación que acabas de plantear

- 4.2 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?
5. Observa la columna E. ¿Qué crees que sucederá al interior de cada una de las bolsas al paso de 15 días?
- 5.1 Dibuja la situación que acabas de plantear:
- 5.2 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?
6. ¿Cómo probarías que lo que dibujaste, en cada una de las cinco situaciones anteriores, es lo que sucederá?
7. Dibuja cómo llevarías a cabo lo que acabas de proponer.

ANEXO I. ESQUEMA BITÁCORA EXPERIMENTO N°3

Fecha:

Día N°:

Observador:

Tamaño de la bolsa	OBSERVACIONES									
	Con 5 semillas		Con 25 semillas		Con 50 semillas		Con 100 semillas		Con 250 semillas	
	Dibujo de la semilla	Observacion	Dibujo de la semilla	Observacion	Dibujo de la semilla	Observacion	Dibujo de la semilla	Observacion	Dibujo de la semilla	Observacion
Pequeña										
Mediana										
Grande										

Se realizarán observaciones por día, durante 15 días; ajustándose al esquema preestablecido.

ANEXO J. CUESTINARIO 5

Visión retrospectiva de la Comprensión del problema N°3

Mirando el cuestionario que llenaste antes de realizar experimento N°3, responde lo siguiente:

1. ¿Cómo pensaste que resultaría el experimento dentro cada una de las situaciones?
2. ¿Por qué creías que cada una de las situaciones anteriores se daría como lo acabas de mencionar?
3. Antes de realizar el experimento ¿creías que existirían diferencias entre las diferentes bolsas?
4. Explica la respuesta anterior, mencionando el **Por qué** para cada situación.

Visión Retrospectiva de la ejecución del Plan

Ayudado(a) por bitácora de trabajo, describe la situación que observaste durante 10 días con el experimento N°3, para cada una de las situaciones.

1. ¿Por qué crees se dio la situación que acabas de mencionar?
2. Dentro de las bolsas con semillas ¿se dieron situaciones diferentes?

SI NO

3. Explica la respuesta anterior, mencionando con gran detalle el por qué

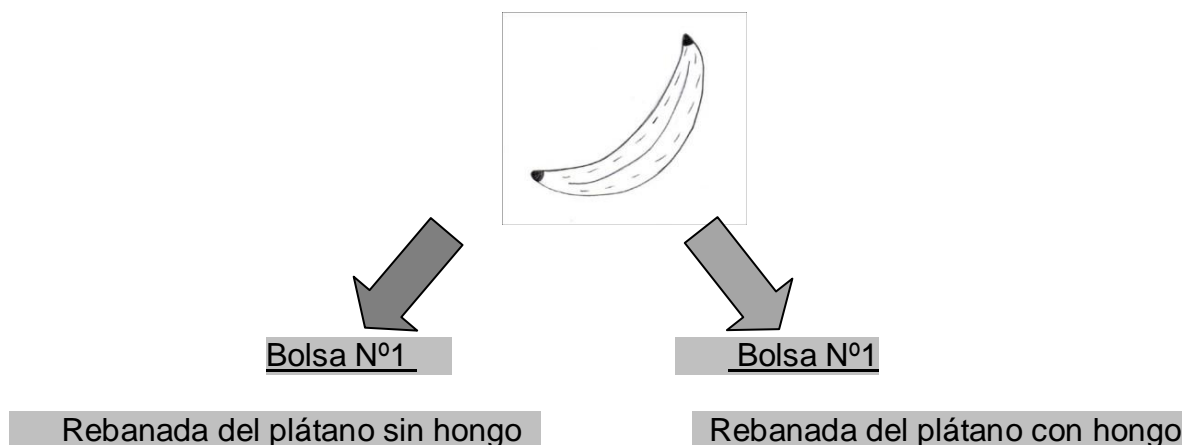
ANEXO K. CUESTIONARIO 6

Experimento 3.

Durante 5 días se introducen 2 rebanadas de plátano verde en bolsas diferentes. Así:

En la bolsa N°1 se introduce una rebanada del plátano verde y se cierra herméticamente.

En la bolsa N°2 se introduce una rebanada del plátano verde espolvoreada con un hongo y se cierra herméticamente. Así:



1. Situación 1

1.1 ¿Qué crees que sucederá al interior la **bolsa N°1** al cabo de 5 días?

1.2 Dibuja la situación que acabas de plantear:

1.3 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

1.4 ¿Cómo probarías lo que acabas de escribir?

1.5 Dibuja la forma en que lo probarías.

2. Situación 2

2.1 ¿Qué crees que sucederá al interior de la **bolsa N°2** al paso de 5 días?

2.2 Dibuja la situación que acabas de plantear:

2.3 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?

2.4 ¿Cómo probarías lo que acabas de escribir?

2.5 Dibuja la forma en que lo probarías.

3. Situación 3

3.1 Si comparas lo que sucedió dentro de la bolsa N°1 con lo sucedido dentro de la bolsa N°2 al cabo de 5 días ¿Crees que existan diferencias?

- 3.2 Si tu respuesta es **SI**, menciona las diferencias que se pueden observar entre las dos bolsas:
- 3.3 Dibuja la situación que acabas de plantear
- 3.4 ¿Por qué crees que pasaría lo que propusiste?
- 3.5 Si tu respuesta es **NO**, explica por qué crees que después de 5 días no existen diferencias entre lo que pasó al interior de la bolsa N°1 y de la N°2.

ANEXO L. ESQUEMA BITÁCORA EXPERIMENTO N°4

ESQUEMA DE LA BITÁCORA DE TRABAJO

DIA N°	
Fecha:	
Nombre del observador:	
Plátano sin hongo	Plátano con hongo
<u>Observación 1</u> <u>Hora:</u>	<u>Observación 1</u> <u>Hora:</u>
<u>Observación 2</u> <u>Hora:</u>	<u>Observación 1</u> <u>Hora:</u>
Novedades:	Novedades:

Se realizarán 2 observaciones por día, durante 5 días; ajustándose al esquema preestablecido.

ANEXO M. CUESTIONARIO 7

Visión retrospectiva de la comprensión del Problema N°4

Mirando el cuestionario que llenaste antes de realizar experimento N°4, responde lo siguiente:

1. Menciona cómo pensaste que resultaría, al cabo de 5 días, el experimento dentro de la bolsa donde el plátano tenía hongo.
2. ¿Por qué creías que la situación dentro de ésta bolsa se daría como lo acabas de mencionar?
3. Menciona cómo pensaste que resultaría el experimento, al cabo de 5 días, dentro de la bolsa donde el plátano no tenía hongo.
4. ¿Por qué creías que la situación dentro de ésta bolsa daría como lo acabas de mencionar?
5. Antes de realizar el experimento ¿creías que existirían diferencias entre las dos bolsas?
6. Explica la respuesta anterior, mencionando el por qué

Visión retrospectiva de la ejecución del plan

1. Ayudado con tu bitácora de trabajo, describe la situación que observaste durante 5 días con el experimento dentro de la bolsa donde el plátano tenía hongo:
2. ¿Por qué crees se dio la situación que acabas de mencionar?
3. Ayudado con tu bitácora de trabajo, describe la situación que observaste durante 5 días con el experimento dentro de la bolsa donde el plátano no tenía hongo:
4. ¿Por qué crees se dio la situación que acabas de mencionar?
5. Dentro de las dos bolsas ¿se dieron situaciones diferentes?
6. Explica la respuesta anterior, mencionando con gran detalle el por qué.

ANEXO N. TRANSCRIPCIÓN GENERAL

Dada la extensión de éste anexo, se adjunta en medio magnético.